

LUCIANA MACIEL CARDON

MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DE BACIA
HIDROGRÁFICA COM USO DE GEOPROCESSAMENTO:

Bacia do Rio Verde no sudoeste do estado de Goiás

CURITIBA

2010

LUCIANA MACIEL CARDON

MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DE BACIA
HIDROGRÁFICA COM USO DE GEOPROCESSAMENTO:

Bacia do Rio Verde no sudoeste do estado de Goiás

Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Especialista em
Geoprocessamento no curso de Especialização
em Geoprocessamento, Setor de Tecnologia,
Departamento de Arquitetura, Universidade
Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. MSc. Lisana Katia Schmitz.

CURITIBA

2010

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a minha família, principalmente aos meus pais muito amados, minhas irmãs, sobrinhos e cunhados, simplesmente por existirem em minha vida.

Agradeço ainda da forma mais especial possível ao meu marido Rodrigo que tem a paciência para com a minha impaciência e me ajudar para a finalização deste trabalho.

Agradeço todos meus colegas de trabalhos, todos consultores ambientais como eu, que a cada dia me prestavam algum auxílio ou sugerindo novas idéias, em especial a brilhante geógrafa MSc Sonia, a arquiteta MSc Keila que talvez é a pessoa mais obstinada e comprometida com seus ideais que conheço, a Dolores, uma bióloga que dispensa comentários. Enfim fico ilimitadamente agradecida de poder lhes chamar de minhas amigas.

E ao amigo Engenheiro Agrônomo MSc Eoroclito “Neto”, mais do que especial na minha vida, alguém que com certeza posso chamar de irmão.

Agradeço a todos os professores e funcionários do CIEG e do curso de Especialização em Geoprocessamento, em especial a professora MSc Lisana Katia Schmitz e a Maria Inês de Oliveira, por todo o carinho, o tempo e a atenção prestada a mim durante a realização deste trabalho.

Vocês todos são de grande importância na minha vida. Amo vocês.

Muito obrigada, que Deus esteja sempre com todos.

RESUMO

Este trabalho busca a avaliação da fragilidade ambiental da Bacia do Rio Verde, situada na região sudoeste do estado de Goiás, por meio da análise dos parâmetros naturais relacionados ao meio físico. O objetivo geral desta pesquisa consiste na elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental da bacia do Rio Verde, visando a avaliação da capacidade de uso das áreas que integram esta bacia, subsidiando a definição das áreas de potenciais conflitos de uso e ocupação do solo, da aptidão agrícola. Os objetivos específicos consistiram na caracterização dos solos, a diferenciação da geomorfologia e a caracterização geológica da área em estudo, além da realização de cruzamentos dos mapas de solo, geologia e relevo, cujo produto deste cruzamento resultará no mapa de fragilidade ambiental da Bacia do Rio Verde. Para a realização desta pesquisa foram usadas as cartas topográficas de base do IBGE, posteriormente a geração do modelo temático da declividade foi preparado a partir dos parâmetros altimétricos, os quais foram baseados em curvas de nível e pontos cotados, bem como a partir da hidrografia da área em estudo, com base no software Arcview 9.3. Os mapas de Pedologia e Geologia foram compilados com base no software Arcview 9.3. O mapa de fragilidade ambiental também foi criado com o auxílio do software Arcview 9.3. Para a avaliação da fragilidade ambiental e dos seus respectivos graus, utilizo-se a metodologia de Ross (1990, 1994) a qual atribui valores às variáveis do meio ambiente, no caso desta pesquisa: declividade, pedologia e geologia, de acordo com suas potencialidades. Com a utilização do mapa de Fragilidade Ambiental, pode-se inferir sobre as áreas que necessitem maior atenção quanto às possibilidades de degradação relativamente às características físicas do meio ambiente do local em estudo.

Palavras-chave: Fragilidade; Ambiental; Bacia do Rio Verde; Meio Físico.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1– Localização da Bacia do rio Verde	22
Figura 2– Localidade da UHE Tucano	24
Figura 3– Localidade da UHE Salto	24
Figura 4– Localidade da UHE Guariroba	25
Figura 5– Localidade da UHE Salto do Rio Verdinho	25
Figura 6 – Superfície típica da Formação Adamantina.....	32
Figura 7 – Superfície erosiva com cascalhos e concreções limoníticas.....	32
Figura 8 – Conglomerado matriz suportado com clastos de quartzitos da Formação Marília, Grupo Bauru	33
Figura 9– Perfil de Latossolo	40
Figura 10– Latossolo.	40
Figura 11– Perfil de Argissolo	41
Figura 12– Argissolo.	41
Figura 13– Perfil de Neossolo Litólico	43
Figura 14– Neossolo Litólico.....	43
Figura 15– Perfil de Neossolo quartzarênico.....	45
Figura 16– Neossolo quartzarênico	45
Figura 17– Perfil de Gleissolo.	46
Figura 18– Gleissolo.	46
Figura 19– Declividade da Bacia do Rio Verde	51
Figura 20– Pedologia da Bacia do Rio Verde.....	52
Figura 21– Geologia da Bacia do Rio Verde	54
Figura 22– Fragilidade Ambiental da Bacia do Rio Verde	58

ÍNDICE DE TABELAS

Quadro 1 - Coluna Estratigráfica (Alterada de ALLERCE, 2008).....	28
Tabela 2 - Hierarquização da vulnerabilidade por horizontes diagnósticos de subsuperfície.....	53
Tabela 3 - Hierarquização da vulnerabilidade por unidades geológicas.....	54
Tabela 4 - Tabela da declividade	55
Tabela 5 - Tabela da Geologia.....	55
Tabela 6 - Tabela da Pedologia	56
Tabela 7 -Hierarquias	57
Tabela 8 – Código de Combinações	66

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UFPR	Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.2. OBJETIVOS	11
1.2.1. Objetivo Geral	11
1.2.2. Objetivos Secundários.....	11
1.3. JUSTIFICATIVA	11
1.4. METODOLOGIA.....	12
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	21
A AUTORA, 2009	22
3.1. A BACIA HIDROGRÁFICA.....	23
3.2. BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DA REGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS ...	26
3.3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA REGIONAL.....	27
3.3.1. Grupo Passa Dois	29
3.3.2. Grupo São Bento.....	30
3.3.3. Grupo Bauru.....	32
3.3.4. Formação Cachoeirinha	33
3.3.5. Cobertura Arenosa Indiferenciada	34
3.3.6. Aluvião	34
3.4. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA.....	34
3.4.1. Vulnerabilidade do relevo	37
3.5. CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLO	37
3.5.1. Latossolos	37
3.5.2. Argissolos	40
3.5.3. Neossolos	42
3.5.4. Gleissolos	45
3.5.5. Tipos de Terrenos	46
4. METODOLOGIA	48
4.1. MÉTODOS	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58

6. CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS	65

1. INTRODUÇÃO

O estudo sistemático das condições de solos, geologia e relevo constituem os principais instrumentos para a definição de seu possível aproveitamento, sendo determinante no levantamento da potencialidade de uso de uma determinada área ou região.

Nesse contexto, a identificação dos solos, da geologia e do relevo na área de estudo é uma das bases fundamentais para o planejamento do uso do solo uma vez que, através dele, são localizadas e mapeadas as classes de solos existentes na área, as formações geológicas e as curvas de nível, diferenciadas pelas suas características morfológicas, físicas e químicas, fundamentais para utilização adequada desse recurso natural.

Cabe ressaltar que, depois da Floresta Amazônica a área em estudo que é o objeto deste trabalho, a Região do Cerrado, é o maior bioma do país, com 204 milhões de hectares de grande importância no cenário agrícola nacional e mundial, sendo, ao mesmo tempo, importante reserva da biodiversidade e potencial produtora de alimentos. Trata-se de uma região tropical, dominada por amplos planaltos, situando-se metade da área entre 300 e 600m de altitude, com apenas 5% ocorrendo acima de 900m (SOUZA e LOBATO, 2002; GOMES, 2002).

As principais classes de solos que ocorrem no bioma Cerrado em ordem decrescente de expressão geográfica são: Latossolos (46%), Neossolos Quartzarênicos (15%), Argissolos (15%), Plintossolos (9%), Neossolos Litólicos (7,3%), Cambissolos (3,1%), Gleissolos (2,3%), Nitossolos Vermelhos (1,7), Neossolos Flúvicos e Organossolos Mésico ou Háplico (0,6%). Essas quantificações estão baseadas nos levantamentos de solos produzidos na região, relacionados às diferentes fitofisionomias (REATTO e MARTINS, 2005).

Devido à importância e a representatividade do bioma constituinte da área em estudo, torna-se igualmente importante um estudo mais aprofundado desta região

caracterizando-a e avaliando suas potencialidades e fragilidades ao uso. Em face do grau de importância desta área e da necessidade do conhecimento científico dos seus elementos constituintes e condicionantes o estudo dos aspectos pedológicos, geológicos e de relevo utilizados na avaliação da fragilidade ambiental referente ao meio físico será o tema da presente pesquisa.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo principal do presente trabalho consiste na elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental da bacia do Rio Verde, visando a avaliação da capacidade de uso das áreas que integram esta bacia, subsidiando a definição das áreas de potenciais conflitos de uso e ocupação do solo, da aptidão agrícola, propendendo para a proteção do meio, sempre se levando em consideração a qualidade do meio ambiente.

1.2.2. Objetivos Secundários

Como objetivos secundários encontram-se a caracterização dos solos, a diferenciação da geomorfologia e a caracterização geológica da área em estudo, além da realização de cruzamentos dos mapas de solo, geologia e relevo, cujo produto deste cruzamento resultará no mapa de fragilidade ambiental da Bacia do Rio Verde.

1.3. JUSTIFICATIVA

Nos sistemas naturais afetados pela ação humana, a interferência gera impactos cuja intensidade é diretamente proporcional ao grau de diversidade do ambiente, às suas características de primitividade e à vulnerabilidade das espécies envolvidas. Os processos de ocupação de ambientes pelas espécies e as interações interespecíficas são por vezes bruscamente interrompidos ou modificados, tendo como resultados a extinção localizada de determinadas espécies e o aumento populacional

de outras oportunistas, afetando os ecossistemas e gerando efeitos de perturbação no ambiente.

Esta constatação demonstra a importância que os ecossistemas remanescentes representam para a região, indicando que a conservação desse ambiente deve ser adquirida através de medidas de controle e manejo ambiental amplas, com abrangência suficiente para contemplar os fatos regionais vigentes, sendo os resultados aferidos através de um amplo levantamento dos componentes faunísticos e um rigoroso programa de monitoramento.

A conservação da diversidade de qualquer ecossistema natural fundamenta-se na manutenção de um ambiente equilibrado, caracterizado principalmente pela integridade de seus componentes físicos e biológicos. Esses fatores, aliados aos diferentes graus de preservação, são determinantes na riqueza específica de cada área e condicionadores da sobrevivência de cada espécie no ambiente.

1.4. METODOLOGIA

As bacias hidrográficas tem se tornado um importante instrumento para o gerenciamento das atividades de uso e conservação dos recursos naturais. Segundo Botelho e Silva (2004) é consenso entre pesquisadores que a bacia hidrográfica é o espaço de planejamento e gestão das águas onde se procura compatibilizar as diversidades demográficas, sociais, culturais e econômicas das regiões.

A bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é entendida como uma área da superfície da Terra drenada por um rio principal e seus tributários sendo limitadas pelos divisores d'água. (Botelho, 2004)

Segundo Oliveira *et al.* (2008) citando Guerra e Cunha (1996) no Brasil, foi apenas a partir da década de 80 do século passado que se atenuaram os estudos e trabalhos relacionados com a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. A bacia de drenagem exerce um importante papel no que se refere a evolução do relevo uma vez que os cursos de água constituem importantes modeladores da paisagem.

Ainda segundo Oliveira *et al.* (2008) nesta perspectiva o planejamento ambiental em bacias hidrográficas, torna-se extremamente importante, pois atua como instrumento para minimizar a ação dos impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas

Na região do sudoeste goiano, a paisagem do cerrado sofreu significativas alterações com a introdução da agricultura cada vez mais tecnificada, onde a vegetação natural foi quase totalmente substituída por pastagens e culturas agrícolas como a cana-de-açúcar, devido a implantação de várias usinas de álcool e açúcar na região. Este tipo de agricultura se tornou uma das atividades que causaram os maiores impactos ambientais no bioma do cerrado, principalmente pelo fato de que estas áreas possuem um relevo com formas poço dissecadas e suaves, as quais facilitam a mecanização agrícola.

Segundo Oliveira *et al.* (2008) as transformações nestas paisagens de cerrados, atingiram também as bacias hidrográficas, onde os eventos de origem antrópica interferem diretamente na dinâmica deste sistema influenciando sua quantidade e qualidade, devido à intensa pressão causada pela utilização desordenada de seus componentes.

Para Santos (2004), o planejamento ambiental surgiu da necessidade da organização do uso da terra em resposta ao aumento da demanda do uso irracional dos recursos energéticos, biológicos, terra e água.

Ross (1992) contribuiu para os estudos de fragilidade de ambientes naturais e de geomorfologia, descrevendo sobre o registro cartográfico e a questão taxonômica do relevo, salientando que as formas dos terrenos, de diferentes proporções, possuem uma explicação genética e estão inter-relacionadas e interdependentes dos demais componentes da natureza (geologia, cobertura pedológica, clima, hidrografia e vegetação).

Respalda nessas bases conceituais, a pesquisa para a análise da fragilidade ambiental da bacia do Rio Verde, também, seguiu, parcialmente, a metodologia descrita por Ross (1994). Este propõe a análise empírica de fragilidade para ambientes

naturais e antropizados, cujos conhecimentos setorizados (solos, relevo, rochas, clima, flora, fauna, entre outros), componentes de estrato geográfico que dão suporte a vida animal e do homem, sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre seus componentes físicos e bióticos.

A fragilidade potencial compreende a integração dos elementos físicos natural, como a geomorfologia, tipos de solo, declividade, geologia entre outros, enquanto a fragilidade emergente compreende a análise integrada da fragilidade potencial do meio natural com o tipo de uso do solo.

Para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental, esta autora utiliza produtos intermediários como o mapa pedológico, o mapa geológico e o mapa de declividade, a partir dessas análises ele sugere a construção de uma matriz de cruzamentos que indiquem a hierarquia das diversas classes de suscetibilidade e fragilidade do solo. Esta matriz permite a correlação de todos os dados, resultando num produto final que classifica as unidades encontradas em diferentes graus de fragilidade ambiental.

Rosa e Ross (1999) testaram a aplicação de SIGs, na elaboração de cartas de fragilidade potencial, concluindo que essa técnica auxilia na rapidez da geração e cruzamentos dos temas, necessários para a elaboração deste mapa.

Conforme Spörl e Ross (2004, p40), a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território.

Nesse sentido, Kawakubo *et al.* (2005, p.2203) afirma que o mapa de fragilidade ambiental constitui uma das principais ferramentas utilizadas pelos órgãos públicos na elaboração do planejamento ambiental. O mapeamento da fragilidade ambiental permite as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho possui objetivos eminentemente ambientais, visando a caracterização da fragilidade ambiental da Bacia do rio verde e caracteriza-se pelo seus aspectos relacionados na natureza do meio físico. Portanto para sua implementação foram necessários conhecimentos específicos da área de Geografia, Pedologia, Geologia, Engenharia, entre outros, obtidos por meio da colaboração de profissionais e técnicos, cujos nomes estão relacionados nas páginas iniciais deste trabalho.

O trabalho foi desenvolvido junto ao Curso de Especialização em Geoprocessamento - Setor de Tecnologia, Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Paraná, mais especificamente relacionado a área ambiental. Está organizado em 06 capítulos, onde os conteúdos foram distribuídos de maneira a permitir uma compreensão clara e seqüencial dos procedimentos realizados e dos conceitos teóricos envolvidos.

O presente capítulo tem por finalidade introduzir as informações sobre a natureza dos aspectos referentes ao meio físico e a importância do mapeamento da fragilidade ambiental, além de apresentar os objetivos do trabalho e a área escolhida.

O Capítulo 2 apresenta a Revisão Bibliográfica do trabalho, onde é feita a revisão dos principais temas relativos à fundamentação teórica do trabalho. A partir de autores conhecidos são apresentados os principais conceitos de fragilidade ambiental, bem como as metodologias existentes para a sua determinação.

No Capítulo 3 é realizada a Caracterização da Área em estudo, onde é apresentada a localização geográfica da área em estudo, o histórico da formação da região, a caracterização geográfica, sua caracterização geológica, a caracterização pedológica, bem como a caracterização geomorfológica da área em questão.

O capítulo 4 se constitui a metodologia, onde é apresentada a metodologia aplicada no estudo de caso. Nele estão relacionadas todas as informações empregadas, procedimentos para o processamento e a integração dos dados.

No Capítulo 5 são apresentados os mapas e as matrizes obtidos, bem como a descrição dos mesmos, mostrando os resultados e as discussões referentes ao tema proposto neste trabalho.

Finalmente, o Capítulo 6 traz as conclusões e as recomendações referentes à implementação da metodologia proposta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Estado de Goiás não foge a regra geral do país, apresentando um estágio de degradação ambiental tão intenso de seus recursos hídricos que o abastecimento público de diversas cidades já está sendo ameaçado, principalmente no período de estiagem.

Segundo Ribeiro (2008) a vegetação nativa, a área ocupada por florestas estacionais, cerrado denso, cerradão, campo limpo úmido, cerrado ralo e veredas compõe parte muito pequena em relação ao total da área da microrregião do sudoeste goiano, estando a vegetação mais, ou menos, presente em alguns municípios, dependendo do uso agrícola específico dos solos de cada um. Os municípios de Rio Verde, Montividiu e Chapadão do Céu possuem quase a totalidade de suas áreas destinadas a lavouras temporárias. Neste último não há registro de vegetação reservada, exceto umas poucas manchas margeando os cursos d'água que funcionam como limite com os municípios de Serranópolis e Aporé.

Ainda segundo Ribeiro (2008) numa análise dos cursos d'água que cruzam a microrregião do sudoeste goiano, pode-se observar que em áreas circundantes de diversos leitos não há vegetação, o que, de acordo com a legislação ambiental vigente, é expressamente proibido, tais áreas, cuja vegetação nativa foi retirada, são classificadas como sendo de grau vulnerável, ou seja, são áreas que obrigatoriamente e legalmente, deveriam estar preservadas devido à sua vulnerabilidade, mas estão antropizadas, expostas ao comprometimento, com possibilidades reais de rápido desgaste e degradação.

De acordo com Ross (1994), dentro da concepção ecológica o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria do Sistema que parte do pressuposto que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio, entretanto, é freqüentemente alterado pelas intervenções humanas, gerando estados de desequilíbrios temporários ou até permanentes.

As intervenções humanas que podem alterar o meio ambiente nem sempre são sinônimos de degradação, desde que a tecnologia empregada seja adequada ao potencial ecossistêmico existente. Desta forma, novas metodologias para mapeamento da fragilidade ambiental devem ser analisadas a fim de alcançar um diagnóstico por meio de critérios e indicadores condizentes com os geossistemas locais (Floriani, 2003).

A preocupação com a degradação ambiental devido às pressões das atividades antrópicas propiciaram o surgimento de inúmeros estudos e metodologias em avaliações ambientais. Um dos desafios encontrados neste tipo de trabalho refere-se ao modo como as características do ambiente são expressas, pois devido às técnicas operacionais computadorizadas muitas delas necessitam ser representadas numericamente. Spörl (2001) ao comparar três modelos metodológicos aplicados aos estudos da fragilidade ambiental verificou que o principal problema está relacionado à atribuição de “pesos” das variáveis (geomorfológicas, pedológicas e de uso do solo), sendo que esta avaliação é geralmente arbitrária e subjetiva, pois é complicado avaliar o quanto cada uma destas variáveis contribui para se estabelecer o grau de fragilidade.

O mapa de fragilidade ambiental constitui uma das principais ferramentas utilizadas pelos órgãos públicos na elaboração do planejamento territorial ambiental. O mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições. (Kawakubo, 2005)

Deste modo, Falcão *et al.* (2006) relata que os impactos do manejo sobre a paisagem são difíceis de serem previstos, no entanto ferramentas de suporte à decisão e técnicas de visualização computacionais recentes podem ser uma opção de trabalho.

Segundo Bonham-Carter (1994), SIGs são sistemas de computador para o gerenciamento de dados espaciais, georreferenciados, interrelacionados e ligados a diferentes funções, exercendo tarefas de entrada, manipulação, visualização, análises, modelagem e saída; ao lado do Processamento Digital de Imagens (PDI).

Segundo Maximiniano (1996), os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), na análise integrada dos dados do meio físico, tem sido usado por vários setores que tratam da questão ambiental, como importante ferramenta para o planejamento ambiental.

Com o objetivo da caracterização da fragilidade ambiental de uma determinada área observa-se a metodologia da fragilidade empírica proposta por Ross (1994) a qual fundamenta-se no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas. Os procedimentos operacionais para a sua construção exigem num primeiro instante os estudos básicos do relevo, solo, geologia, clima, uso da terra e cobertura vegetal etc.. Posteriormente, essas informações são analisadas de forma integrada gerando um produto síntese que expressa os diferentes graus de fragilidade que o ambiente possui em função de suas características genéticas.

Denomina-se a fragilidade ambiental a vulnerabilidade natural associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem. (Kawakubo, 2005)

Diante dos diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio aos quais o ambiente está submetido, Ross (1994) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade representadas por códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5) de acordo com seu grau de proteção, quanto maior a classe de fragilidade, maior é o valor atribuído a ela. Estas categorias expressam especialmente a fragilidade do ambiente em relação aos processos ocasionados pelo escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais.

A fragilidade potencial de uma área pode ser definida como a vulnerabilidade natural que um ambiente apresenta em função de suas características físicas como a declividade e o tipo de solo, já a fragilidade ambiental considera, além das características físicas, os graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem sobre o ambiente (Kawakubo, 2005).

Avaliações da fragilidade ambiental, baseadas em fatores como o solo, a capacidade de erosão das chuvas, a declividade e a cobertura vegetal são necessárias ao planejamento ambiental. O conhecimento dos níveis de fragilidades presentes em uma bacia hidrográfica, por meio da integração de diversas variáveis que interferem nas potencialidades dos recursos naturais, possibilita compreender a realidade e obter uma visão mais evidente sobre quais são as opções mais adequadas para o uso do solo (Spörl, 2001). Com isso, fica evidente que os estudos de fragilidade ambiental proporcionam melhor definição das diretrizes e ações a serem implantadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento ambiental e fornecendo subsídios à gestão do território (Spörl e Ross, 2004).

O conhecimento prévio de parâmetros geotécnicos de uma região é pré-requisito básico e de importância fundamental para as atividades de uso e ocupação racional do solo. A existência dessas informações a respeito do comportamento dos horizontes mais superficiais dos solos e do material do substrato, integradas aos demais dados do meio físico, como por exemplo, o tipo do relevo e declividades suscetibilidade a erosão e riscos geológicos além de contribuir no estabelecimento para elaboração de diretrizes de planejamento urbano, pode facilitar também a implantação de obras civis, orientar atividades extrativas e ainda auxiliar na preservação ambiental.(Valente, 1999)

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde foi área escolhida para o desenvolvimento do estudo, está localizada no sudoeste Goiano, inserida nos municípios de Caçu, Itaruma, Jataí, Serranópolis e Mineiros. Esta área foi selecionada de acordo com os atuais estudos e a grande interferência antrópica, tornando a Bacia do Rio Verde, de grande interesse para os mais diversos usos.

Na figura a seguir (Figura 1) pode-se observar a localização da Bacia do Rio Verde, a qual encontra-se em sua totalidade inserida NE Estado de Goiás, na Região Centro-oeste do Brasil.

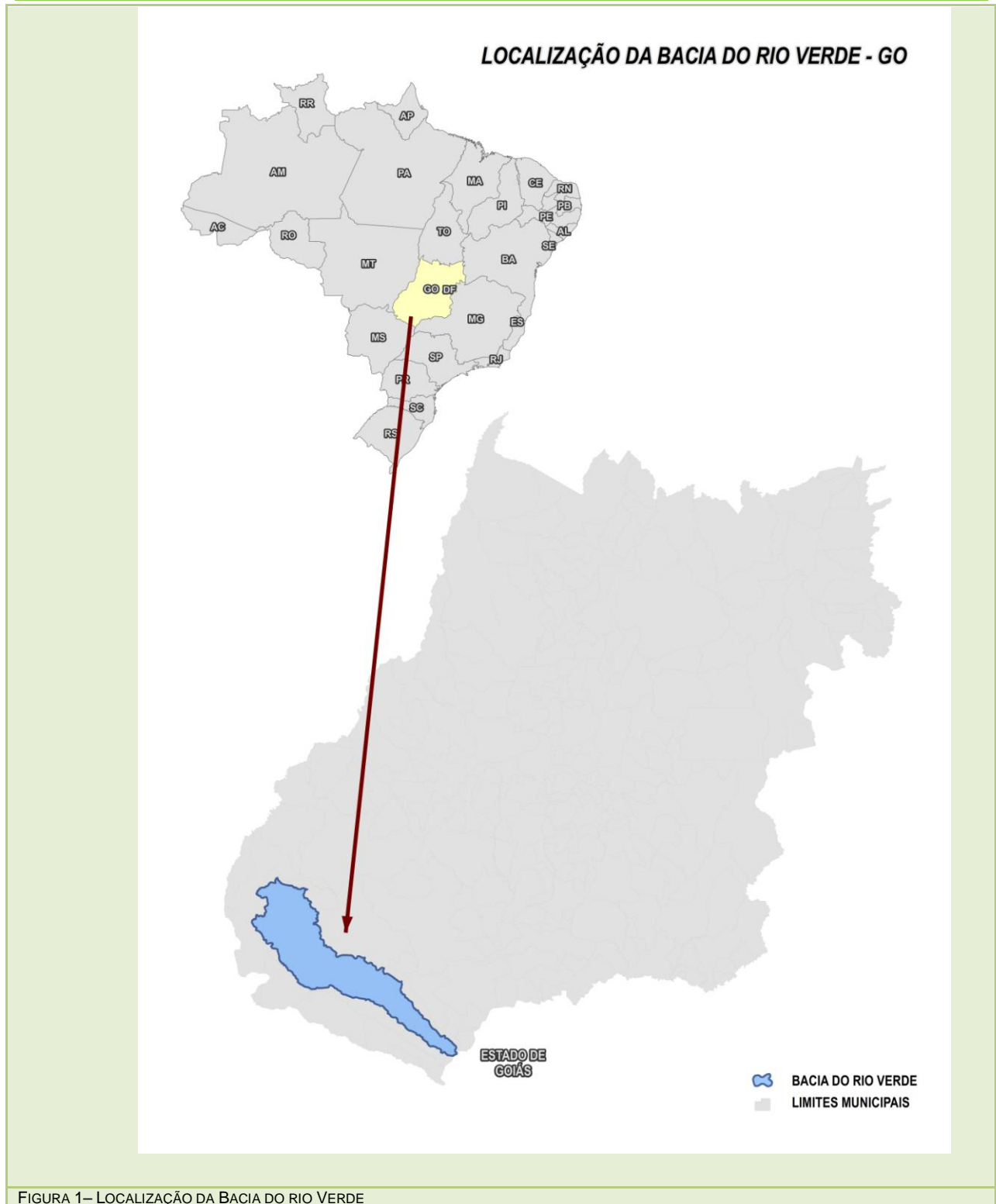


FIGURA 1– LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO VERDE
A AUTORA, 2009

3.1. A BACIA HIDROGRÁFICA

A nascente da bacia hidrográfica do rio Verde apresenta-se sob o fenômeno de águas emendadas em uma vereda (Águas Emendadas é um fenômeno da natureza: as mesmas gotas que nasceram juntas, no Planalto Central, se afastam obedecendo a lei da gravidade e deságuam no mesmo oceano Atlântico, mas separadas por quilômetros de distância) direcionando seu fluxo 400 metros ao sul da área alagadiça por este curso d'água para a bacia do Paranaíba e 300 metros ao norte para a Bacia do Araguaia através do rio Diamantino. Em sua nascente, a degradação é visível e a ocupação agrícola desrespeita a faixa de preservação permanente. Está situada na divisa dos municípios de Mineiros com o município de Portelândia e segue traçando a linha fronteira desses dois municípios até ao sul, por Mineiros, passando por sua sede municipal. (EIBH, 2005).

Em seu curso superior, apresenta segmentos meandantes (Segmentos que apresentam curvas assentadas) em vale coberto por vegetação de mata e cerrado preservados com relevo bastante movimentado. Essa característica confere a seu curso principal e a seus afluentes a oferta de grande diversidade de locais com cachoeiras e beleza cênica no município de Mineiros, com potencialidades e atrativos turísticos.

Mesmo com a restrição de relevo, na parte superior desta bacia são observados avanços de desmatamento e várias carvoeiras. A fragilidade do relevo associada ao solo arenoso se mostra no assoreamento de vários cursos d'água neste trecho da bacia.

No início do seu médio curso, as características do vale do rio Verde mudam e o mesmo passa a meandar sobre terreno alagadiço e com vegetação conservada. Essas características contrastam drasticamente com as vertentes de maior cota, adjacentes, onde se constata superfície desmatada e com inúmeros processos erosivos progressivos em direção ao vale do rio.

O curso médio do rio Verde alterna segmentos bem protegidos pela vegetação e outros nem tanto. Fato marcante nesse compartimento refere-se à atual situação de

algumas porções de suas vertentes, especialmente aquelas com cobertura de solos derivados do arenito Botucatu, as quais, depois de desmatadas, passam a evidenciar processos de desertificação. Verificam-se ainda, avançados estágios de degradação ambiental em alguns dos afluentes do rio Verde, revelando ausência de mata ciliar e assoreamento do canal.

Outro fato relevante no médio e alto curso do rio são as voçorocas ocasionadas por “trilheiro” de gado, nas áreas de solo frágil. Em geral, nesse compartimento médio o rio Verde apresenta vegetação ciliar relativamente bem conservada, a qual sempre se torna mais expressiva nos segmentos em que o rio corre mais encaixado, cruzando superfícies mais movimentadas.

O rio Verde, em seu baixo curso, traça o limite entre os municípios de Itarumã e Caçu, até sua foz no rio Paranaíba. Neste trajeto, seu afluente, córrego do Cervo, drena a área urbana de Itarumã. A água de abastecimento público da cidade é captada no córrego Pimentinha, afluente do Cervo.

Inseridos na Bacia do Rio verde encontram-se em estudos possíveis áreas de barramentos para a construção de aproveitamentos hidrelétricos, todos os empreendimentos localizados no curso deste rio foram descartados por critérios ambientais, tendo somente para o seu terço inferior a previsão de instalação de usinas hidrelétricas: Tucano (Figura 2), Salto (Figura 3), Guariroba (Figura 4) e Salto do Rio Verdinho (Figura 5).



FIGURA 2– LOCALIDADE DA UHE TUCANO
Fonte: EIBH, 2005.



FIGURA 3– LOCALIDADE DA UHE SALTO
Fonte: EIBH, 2005.



FIGURA 4— LOCALIDADE DA UHE GUARIROBA
FONTE: EIBH, 2005.



FIGURA 5— LOCALIDADE DA UHE SALTO DO RIO VERDINHO
FONTE: EIBH, 2005.

A bacia do rio Verde está localizada entre os paralelos $17^{\circ}22'$ e $19^{\circ}16'$ de latitude sul e os meridianos $50^{\circ}40'$ e $52^{\circ}55'$ de longitude oeste, com área de drenagem da ordem de 12.000 km². O rio Verde integra a bacia hidrográfica do rio Paraná, sendo um dos principais contribuintes do rio Paranaíba. Os principais contribuintes do rio Verde são o rio Grande pela margem direita e o ribeirão Ponte de Pedra pela margem esquerda.

3.2. BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DA REGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS

A capitania de Goiás esteve, até 1744, sob jurisdição da Capitania de São Paulo. Os primeiros arraiais tiveram origem devido ao processo de ocupação com a descoberta de jazidas de ouro e a incursão de levas de garimpeiros. (EIBH, 2005).

Ao longo do século XVIII, três zonas do território goiano foram ocupadas: o centro-sul (onde hoje se localizam os municípios de Luziânia e Pirenópolis), o Alto Tocantins (região de Niquelândia) e o norte da Capitania, atualmente território do Estado do Tocantins (região de Porto Nacional). (EIBH, 2005).

Nas primeiras décadas do século XIX, período áureo da mineração, a população se estabeleceu gradativamente no sul, sudoeste e extremo oeste de Goiás, devido ao desenvolvimento da agropecuária que possibilitou o surgimento de alguns núcleos urbanos ordenados. Após as duas primeiras décadas do século XIX, com a entrada em declínio do ciclo da mineração interrompendo a corrente migratória para as zonas mineiras, houve uma estagnação do crescimento populacional.

Após a terceira década do século XIX, paulistas e mineiros iniciaram migração para os sertões goianos, estabelecendo-se no sudoeste de Goiás, dedicando-se a atividades agropastoris extensivas, formando os primeiros núcleos e vilas que deram origem aos municípios goianos.

Novo impulso foi dado na região já na segunda metade do século XX, com a implantação da BR-364, ligando Minas e São Paulo aos estados de Mato Grosso, Rondônia e Acre, cortando o sudoeste de Goiás. Essa ocupação do planalto central brasileiro, definida pela “marcha para o oeste” dos governos militares, marcou nova onda de ocupação do cerrado, primeiramente com o adensamento da atividade pecuária, visando o mercado interno e externo e, após a década de 80, com a ocupação das grandes extensões dos planaltos e tabuleiros com as monoculturas de soja, milho e, mais recentemente, algodão, originando o aparecimento e crescimento dos municípios mais novos da região, como Chapadão do Céu.

3.3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA REGIONAL

A caracterização geológica regional desse trabalho adotou o mapeamento de Lanhez *et al.* (op cit) como referência, considerando como limite dessa caracterização a área que envolve a bacia do rio Verde. Esse mapeamento envolveu a geologia da Folha SE-22 Goiânia, que aborda às litologias paleozóicas (compreendida entre 542 milhões e 251 milhões de anos atrás) e mesozóicas (precedida pela era paleozóica) da Bacia Sedimentar do Paraná bem como as suas coberturas cenozóicas (posterior a era mesozóica).

As principais Formações Geológicas que constituem o Grupo São Bento nesse contexto são as: Formação Botucatu e Formação Serra Geral. Em relação as que constituem o Grupo Bauru ocorrem as: Formação Adamantina e Formação Marília. E as coberturas Terciário-Quaternárias são representadas nesse contexto pela Formação Cachoeirinha.

Ao longo dos rios encontram-se faixas de Aluviões holocênicas, que compreendem sedimentos da planície fluvial e de terraços aluviais, localmente. O comportamento direcional de alguns rios, a descontinuidade das faixas de aluviões e a pouca expressividade destes depósitos na área são indicativos de um controle estrutural subjacente e de interferência tectônica recente.

- Formação Botucatu (Grupo São Bento), de idade Jurássica: arenitos róseos a avermelhados, finos a muito finos, bem selecionados, eólicos, com estratificações cruzadas de pequeno a grande porte, comumente silicificados.
- Formação Serra Geral (Grupo São Bento), de idade Juro-cretácea: derrames de basaltos toleíticos, creme-amarronzados, cinza-escuros e esverdeados, com textura predominantemente afanítica, amigdalóide no topo e raramente vitrofírica, com presença de intertrapes areníticos, finos a muito finos com estratificações cruzadas de pequeno porte. Também ocorrem diques e soleiras de diabásio granular.

- Formação Adamantina (Grupo Bauru), de idade Cretácea: arenitos finos a muito finos, creme, cinza-pardos e cinza-esverdeados, siltitos e argilitos creme-arroxeados, com estratificações plano-paralelas e cruzadas de pequeno a médio porte. Apresentam níveis conglomeráticos e carbonáticos, além de tendência a concrecionamento.
- Formação Marília (Grupo Bauru), de idade Cretácea: arenitos finos a grosseiros, predominantemente mal selecionados, vermelhos, róseos e esbranquiçados, arenitos argilosos, argilitos, siltitos, lamitos, conglomerados polimíticos comumente desagregados e brechas conglomeráticas. Subordinadamente ocorrem níveis lenticulares e concreções de calcário e chert.
- Formação Cachoeirinha: Cobertura detrítico-laterítica de idade Terciária e Quaternária: latossolos predominantemente avermelhados, de textura argilosa, com horizontes de concreções limoníticas, encontrados sobre litologias variadas. Subordinadamente ocorrem sedimentos arenosos, areno-argilosos e níveis conglomeráticos.

QUADRO 1 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA (ALTERADA DE ALLERCE, 2008)

ERA	PERÍODO	GRUPO/FORMAÇÃO		LITOLOGIA PREDOMINANTE
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	ALUVIÃO		AREIA, ARGILA, CASCALHO
		COBERTURA ARENOSA ÍNDIFERENCIADA		AREIA FINA E GROSSA
		COBERTURA DETRÍTICO-LATERÍTICA		LATOSSOLO, CASCALHO
	TERCIÁRIO			
		FORMAÇÃO CACHOEIRINHA		SEDIMENTOS ARENO-ARGILOSOS
MESOZÓICO	CRETÁCEO	GRUPO BAURU	FORMAÇÃO MARÍLIA	ARENITO, CONGLOMERADO, CASCALHO
			FORMAÇÃO ADAMANTINA	ARENITO, CONGLOMERADO, SILTITO
			FORMAÇÃO VERDINHO	CONGLOMERADO VULCÂNICO
		PROVÍNCIA ALCALINA DO SUL DE GOIÁS	SUÍTE VULCÂNICA DE SANTO ANTÔNIO DA BARRA	LAMPRÓFIRO, NEFELINITO, ALCALIBASALTO
	TRIÁSSICO-JURÁSSICO	GRUPO SÃO BENTO	FORMAÇÃO SERRA GERAL	BASALTO, ARENITO
			FORMAÇÃO BOTUCATU	ARENITO EÓLICO
	PALEOZÓICO	PERMIANO	FORMAÇÃO CORUMBATAÍ	SILTITO, FOLHELHO, SÍLEX
			FORMAÇÃO IRATI	FOLHELHO NEGRO, CALCÁRIO, SÍLEX
		GRUPO AQUIDAUANA		ARENITO VERMELHO, SILTITO
	CARBONÍFERO			

3.3.1. Grupo Passa Dois

3.3.1.1. Formação Irati

Pertence ao Grupo Passa dois e é constituída, no topo, por folhelho negro e folhelho betuminoso com intercalações de calcário cinza-claro fóssilífero com lentes e nódulos de sílex oolítico negro e conglomerado marrom-arroxeadado e cinza-esverdeado silicificado, na parte mais basal, (Marques et al, 1981, *apud* ALLERCE, 2008). Na porção média foram identificados leitos fóssilíferos, sendo que na região de Montividiu foi identificado um exemplar inteiro de *Mesossaurus brasiliensis* com 50 cm, aproximadamente. Apresenta contato concordante transicional com a Formação Corumbataí. Seu ambiente de deposição se deu em condições de plataforma estável, ambiente restrito, marinho raso, em baías e golfos de baixa profundidade e salinidades variáveis. (ALLERCE, 2008).

3.3.1.2. Formação Corumbataí

Pertence ao Grupo Passa Dois e é constituída por siltito e argilito cinza a creme-arroxeados, às vezes esverdeados, quebradiços, com esfoliação concêntrica, elipsoidal, estrutura flaser e com níveis de sílex e sílex coquinóide intercalados; arenito fino, siltito e folhelho esverdeados, arroxeados e avermelhados, às vezes calcíferos, depositados em ambiente marinho raso com freqüentes oscilações do nível do mar e períodos de estabilidade (Marques et al, 1981, *apud* ALLERCE, 2008). Apresenta contato concordante com a Formação Irati e discordante com a Formação Botucatu. Segundo Ianhez et AL, 1983, *apud* ALLERCE, 2008, sua importância econômica é restrita, associada as ocorrências centométricas de concreções manganésíferas em arenitos e argilitos.

3.3.2. Grupo São Bento

3.3.2.1. Formação Botucatu

É constituída por arenitos vermelhos, finos a médios, comumente silicificados, quartzosos, bem classificados e arredondados. Na base podem ocorrer lentes conglomeráticas. Possui estratificação cruzada, plana e acanaladas, características do seu ambiente de deposição desértico, predominantemente eólico. Na base ocorre em discordância erosiva com o Grupo Passa Dois e no topo em contato térmico com a Formação Serra Geral ou discordância erosiva com a Formação Cachoeirinha. Sua importância está no seu potencial aquífero. Junto com a Formação Pirambóia constitui o chamado aquífero Guarani, e por ligação hidráulica com a Formação Serra Geral e Grupo Bauru constitui o Sistema Aquífero Guarani, um dos maiores do mundo. (ALLERCE, 2008).

3.3.2.2. Formação Serra Geral

Constitui-se de derrames vulcânicos continentais, de idade Juro-Cretáceo, composto de basalto toleítico continentais com composição química típica de basaltos de platô intra-cratônicos (Milani; Thomaz Filho, 2000), cinza-escuro a esverdeado, com intertrapes de arenito fino a muito fino com estratificações cruzadas tangenciais de pequeno porte. Em Goiás ocorre numa faixa principal de aproximadamente 200 km de comprimento por 100 km de largura, que vai da cidade de Itumbiara até as proximidades de Paraúna. Corresponde a pelo menos um terço da bacia do rio dos Bois, ocupando as porções Sul, Centro Sul e Sudeste. Apresenta disjunções colunares que são característicos de derrames mais espessos. De acordo com Souza Junior et al (1983) *apud* ALLERCE, 2008, sobrepõe-se em não conformidade sobre as rochas do Complexo Goiano, Grupo Araxá e discordantemente sobre o Grupo Aquidauana e Formações Palermo, Irati e Corumbataí. O contato com a Formação Botucatu indica coexistência de ambas na fase inicial do vulcanismo. O contato com o Grupo Bauru é erosivo. Sua importância econômica está no uso para construção civil.

Além das lavas afaníticas, os diques e soleiras de diabásio também são atribuídos à Formação Serra Geral. Estes cortam quaisquer unidades pré-Jurássicas da Bacia do Paraná e ocorrem inclusive nas áreas de embasamento da bacia. Em parte, podem ser considerados como os sistemas alimentadores do vulcanismo.

O conjunto de dezenas de derrames individuais alcança uma espessura máxima superior a 2.000 metros. Na área estudada, esta espessura não pode ser medida. Em virtude de se tratar de um vale fluvial, parte da seção de basaltos já foi retrabalhada por erosão. A retirada de grande parte da coluna de basaltos também foi facilitada por se tratar de um conjunto litológico muito susceptível ao intemperismo químico.

A Formação Serra Geral está associada ao vulcanismo do tipo fissural que representa o maior evento de extravasamento de lava conhecido na história da Terra. O vulcanismo foi do tipo subaéreo na maior parte da bacia, sendo muito localmente descritas *pillow* lavas relacionadas a derrames que alcançaram a lâmina de água de paleolagos desenvolvidos em depressões sin-vulcânicas.

O padrão intensamente fraturado é observado na ampla maioria dos afloramentos, sendo o fissuramento atribuído a fatores térmicos e tectônicos, respectivamente relacionados ao rápido resfriamento e à abertura sul-atlântica.

Na base, o contato gradacional com a Formação Botucatu é bem caracterizado em função das intercalações dos arenitos nos primeiros derrames. No topo, a discordância com os arenitos do Grupo Bauru é bem evidenciada em função dos conglomerados líticos contendo seixos e blocos dos basaltos da Formação Serra Geral.

3.3.3. Grupo Bauru

3.3.3.1. Formação Adamantina

Constitui-se de arenito fino a muito fino, cinza claro e bege a róseo, com níveis lenticulares de conglomerado e siltito areno-argiloso creme arroxeadado a rosado. Os arenitos são mal selecionados possuindo grãos de quartzo subangulares e subarredondados, podendo estar cimentados por sílica e carbonatos. Esta Formação está assentada sobre a Formação Serra Geral ou Formação Botucatu por discordância erosiva. Seu contato com a Formação Marília é gradacional. Caracteriza-se pela ocorrência de bolas de argila em toda a seqüência e seu ambiente deposicional é de natureza continental flúvio-lacustre (Figura 6 e Figura 7). (ALLERCE, 2008).



FIGURA 6 – SUPERFÍCIE TÍPICA DA FORMAÇÃO ADAMANTINA



FIGURA 7 – SUPERFÍCIE EROSIVA COM CASCALHOS E CONCREÇÕES LIMONÍTICAS

3.3.3.2. Marília

Constitui-se de arenito vermelho fino a grosso, arenito argiloso, argilito, siltito, lamito, conglomerado polímitico, brecha conglomerática, arenito calcífero, cinza a vermelho, com níveis lenticulares de calcário e chert (Figura 8). O ambiente de deposição sugestivo é flúvio-lacustre; níveis de calcário e disseminada cimentação carbonática indicam fases de aridez. Ocorre de forma esparsa, ocupando a parte elevada dos interflúvios. O contato com a Formação Adamantina é gradacional e com

as Formações Botucatu e Serra Geral é por discordância erosiva. Com outras unidades pode ocorrer contato por falhamentos (ALLERCE, 2008).



FIGURA 8 – CONGLOMERADO MATRIZ SUPORTADO COM CLASTOS DE QUARTZITOS DA FORMAÇÃO MARÍLIA, GRUPO BAURU

3.3.4. Formação Cachoeirinha

A Formação Cachoeirinha corresponde aos materiais não litificados que se depositaram em resposta aos movimentos neotectônicos e pedogenéticos, em geral, com estreita correlação com os arenitos do Grupo Bauru. Não raramente, os depósitos incluem misturas de materiais oriundos do desmonte e intemperismo dos basaltos da Formação Serra Geral.

A componente arenosa é predominante, principalmente, quando a contribuição dos arenitos do Grupo Bauru é mais significativa. Nas situações onde o intemperismo sobre os basaltos da Formação Serra Geral é considerável, essa unidade se torna mais argilosa. Localmente, ainda pode conter cimentos ferruginosos e leitos cascalhosos.

Segundo Pena e Figueiredo (1972), a Formação Cachoeirinha apresenta espessuras da ordem de 20 a 30 metros, podendo alcançar até 70 metros.

Do ponto de vista do funcionamento hídrico, os sedimentos atribuídos a essa unidade tem importante função reguladora da vazão, manutenção de vazões específicas elevadas e da perenidade da maioria dos cursos d'água presente na área em estudo.

3.3.5. Cobertura Arenosa Indiferenciada

Constituem-se de areia fina a grossa, localmente siltico-argilosa e mais raramente conglomerática. São do Período Quaternário, associada a uma fase de retrabalhamento de sedimentos ocorrida no Pleistoceno. Estão relacionadas a superfícies de aplainamento, formando terraços argilo-arenosos, com cascalhos dispersos e níveis de material transportado e ferruginizado. Ocorrem associados às Formações Botucatu, Bauru e Cachoeirinha.

3.3.6. Aluvião

Constituem-se de depósitos aluvionares, predominantemente arenosos, localmente com níveis de cascalho e lentes de material siltito-argiloso e turfa. São do Período Quaternário, Holoceno. Nas frações mais grosseiras pode ocorrer concentração de minerais pesados, de interesse econômico como rutilo, ouro, zircão e diamante. Estão dispostos não só nas planícies dos rios da Província do Paraná, mas também da Província Tocantins, como rio Turvo, Capivari e dos Bois (ALLERCE, 2008).

3.4. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

De acordo com MAMEDE, NASCIMENTO & FRANCO (1983) a caracterização geomorfológica regional, o Planalto Setentrional da Bacia do Paraná constitui uma subunidade com denominação de caráter regional da unidade maior designada Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná.

Esta subunidade limita-se a norte com o Planalto dos Guimarães (Alcantilados) por meio de um extenso alinhamento de cuestras, conhecido como cuesta do Caiapó. A nordeste limita-se com os relevos residuais do planalto do Alto Tocantins-Paraná e com a superfície do Planalto Rebaixado de Goiânia. Com este último relevo o contato é definido por rampas de coalescência (junção), onde se instalaram os vales dos rios Paranaíba, dos Bois e Turvo.

A área de estudo situa-se no reverso da cuesta do Caiapó, no Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, entre a cuesta do Caiapó a NNW e o rio Paranaíba a SE. O rio Verde, com aproximadamente 350 km de extensão, tem suas nascentes na cuesta do Caiapó, próximo à cidade de Portelândia, a aproximadamente 980 m de altitude, e deságua, a 340 m, no rio Paranaíba, a montante da represa de Ilha Solteira. Com base nesses dados, o gradiente do rio Verde é de 1,82 m / km e a sua rede de afluentes configura uma bacia de forma alongada, tendo a maior largura em torno de 65 km. (EIA/RIMA,2002).

A bacia do rio Verde representa praticamente toda a extensão territorial da região sudoeste do Estado de Goiás, incluindo ainda a porção sudeste do Estado do Mato Grosso, nordeste do Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro e oeste do Estado de São Paulo. Nela localizam-se, de montante para jusante, as cidades de Mineiros, Serranópolis e Itarumã, e os UHE Salto e Salto do Verdinho.

A análise que se apresenta a seguir faz parte dos dados contidos no EIA/RIMA (2002), que teve seu embasamento sobre o estudo de MAMEDE, NASCIMENTO E FRANCO (1983) que mapearam a geomorfologia da Folha SE 22 Goiânia através de Interpretações de imagem de radar na escala 1:250.00, interpretações de fotografias aéreas na escala 1:60.000, elaboração de perfis morfoestruturais e trabalhos de campo.

O Planalto Setentrional da Bacia do Paraná encontra-se individualizado por dois compartimentos topográficos distintos, um mais elevado, comportando altimetrias que variam de 650 a 1.000 m e outro mais rebaixado, abrangendo cotas de 350 a 650 m. O compartimento elevado distribui-se irregularmente em meio ao rebaixado. Sua área mais expressiva e de distribuição mais contínua abrange toda a borda norte do planalto, assinalada pela cuesta do Caiapó, conhecida regionalmente como “Chapadões de Goiás”. Isto se deve à predominância de modelados suaves do tipo tabular, com formas muito amplas. Apenas localmente e em geral nas proximidades de bordas escarpadas de patamares internos do planalto, se observam relevos mais dissecados, com formas convexas ou aguçadas.

Estes fatos refletem as litologias e os solos existentes na área. Com efeito, quando capeada por sedimentos terciários, o relevo é muito suave e se desenvolvem Latossolos Vermelho-Escuros e Latossolos Vermelho-Amarelos, dependendo da relação litogenética. Já na porção noroeste da sub-bacia, onde o relevo é mais dissecado, não se observa a cobertura Terciária, passando a aflorar rochas areníticas da Formação Botucatu, que promoveram a formação de grandes manchas de Areias Quartzosas ou de solos diversos, mas de textura arenosa, todos eles recobertos por vegetação de Cerrado.

Esta área do compartimento elevado funciona como uma zona dispersora de drenagem. Dela partem rios que dirigem para norte (bacia do rio Araguaia) e para sul (como as altas bacias dos rios Claro e Verde, tributários do Paranaíba. Embora drenando áreas de ocorrência dos sedimentos da Formação Botucatu (Juracretáceo), estes rios têm seus leitos muito encaixados, de modo que geralmente exibem as litologias basálticas subjacentes da Formação Serra Geral.

Uma característica da bacia do rio Verde, é que em seu médio curso, atravessa relevos do compartimento mais alto, o que torna o vale do rio mais aprofundado nesse trecho. A partir daí, o rio Verde descreve seu curso no compartimento rebaixado, do qual emergem residuais do compartimento elevado. Configurando uma superfície em sua maioria dissecada, o compartimento rebaixado foi moldado nos arenitos cretácicos do Grupo Bauru, onde afloram rochas da Formação Marília e da Formação Adamantina. Os arenitos grosseiros da Formação Marília são responsáveis pelos pequenos residuais no interflúvio Verde-Claro, na região de Caçu, conhecidos regionalmente como serras Negra, da Guariroba, da Sucuri, da Matinha, da Rosilha, do Baú, do Atacão, do Córrego do Meio, dentre outras de menor expressão espacial. Já os arenitos finos da Formação Adamantina configuram as áreas de maior expressão em área do compartimento rebaixado, aqui denominado, com base em interpretação de imagem de radar (1:250.000) e em interpretação de fotografias aéreas (1:60.000) como Planalto Rebaixado do Rio Verde.

Rochas basálticas da Formação Serra Geral, sob cobertura florestal, afloram no fundo do vale do rio Verde, em toda a área em que ele percorre o planalto rebaixado.

3.4.1. Vulnerabilidade do relevo

Os dois domínios morfológicos distintos presentes nesse relevo são: domínio de formas tabulares na margem direita do rio Verde, até imediações do córrego Quati, e domínio de formas convexas na margem esquerda, entre o córrego do Salto e o córrego da Rosilha. Observa-se que ambos modelados encontram-se vinculados às seqüências sedimentares da Formação Adamantina, com topos interfluviais pediplanados aos 500-520 metros, além dos basaltos exumados, que representam fundos de vale, como ao longo do próprio rio Verde.

Nesse compartimento intermontano constata-se a presença de remanescentes da Formação Marília em posição altimétrica mais elevada, como já comentado no capítulo da Geologia. Ocorrem com topos pediplanados aos 700-720 metros (pediplano de cimeira regional), representado pela serra da Mombuca, na margem direita (divisor entre as bacias dos rios Verde e Corrente) e pela Serra Negra, além de remanescentes setentrionais, na margem esquerda e no divisor entre as bacias dos rios Verde e Claro.

3.5. CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLO

A descrição morfológica das classes de solos encontradas foi realizada de acordo com os padrões estabelecidos pela EMBRAPA, 1999. Neste trabalho foram identificadas e caracterizadas seis classes de solos. A seguir é apresentada a caracterização das classes de solos e/ou tipos de terrenos identificados na área de estudo, as quais são descritas e apresentadas a seguir.

3.5.1. Latossolos

São solos profundos e altamente intemperizados, resultantes da remoção de sílica e bases trocáveis do perfil. No perfil de um latossolo, a transição entre os

horizontes é gradual e difusa e a textura, geralmente, grumosa ou granular média a fina exibe-se de maneira homogênea, não havendo transporte de argila de horizontes superficiais para horizontes mais profundos. Nessas coberturas, os solos apresentam elevada acidez, onde os ácidos orgânicos ocorrem como fração mais expressiva da porção húmica, visto que esta é, rapidamente, decomposta e lixiviada, o que acaba por impossibilitar um acúmulo representativo.

Quando a vegetação associada apresenta maior densidade foliar, o latossolo tende a apresentar menor distrofismo ou maior disponibilidade de bases. Não é rara a presença de horizontes superficiais eutróficos.

São formados pelo processo denominado latolização, que consiste, basicamente, na remoção da sílica e das bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , etc.), após transformação (intemperismo) dos minerais primários constituintes. O processo de lixiviação de bases, ao longo do seu perfil, resulta em um manto de alteração no qual o material encontra-se altamente intemperizado, com alteração intensa dos silicatos e concentração residual de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Trata-se de solos envelhecidos, normalmente ácidos a fortemente ácidos (com exceção de alguns eutróficos), de boa drenagem apesar de serem, muitas vezes, bastante argilosos.

O teor de argila pode variar bastante nesses solos, o que possibilita a sua diferenciação textural em média, com teor de argila no horizonte B variando de 15 a 35%, argilosa variando de 35 a 60% e muito argilosa maior que 60%.

O horizonte diagnóstico é o B latossólico (Bw) e é constituído por uma espessura mínima de 50 cm que apresenta, em geral, textura franco arenosa a argilosa, baixa capacidade de troca de bases, grande estabilidade dos agregados, microestrutura ou blocos subangulares fracos a moderados e poucos minerais resistentes ao intemperismo.

As principais características desta classe de solos são: a transição difusa ou gradual entre os horizontes, exceto quando existir Ap (Horizonte superficial utilizado para designar modificações da camada superficial por aração ou outras pedoperturbações), ausência ou escassez de cerosidade nos horizontes, baixa

capacidade de troca catiônica das argilas, colorações vermelhas, avermelhadas, amareladas ou brunadas no horizonte B, ausência ou quase ausência de desenvolvimento estrutural, solo friável a friável, quando úmido, apresenta alta porosidade e alta permeabilidade, normalmente, possui baixo conteúdo de fósforo assimilável, relação silte/argila deve ser menor que 0,7 nos solos de textura média e, 0,6 nos solos de textura argilosa, etc. Ocorrem em relevo plano a suave ondulado, com boa permeabilidade e porosidade. Geralmente apresentam textura média, argilosa e muito argilosa, variando de bem à acentuadamente drenados.

Na área da bacia em estudo, essa classe é representada pelo Latossolo Vermelho distrófico (LVd), Latossolo Vermelho eutrófico (LVe). Cabe ressaltar que o Latossolo Vermelho é a unidade dominante na área e que a composição mineralógica desses solos é dominada por silicatos como a caulinita e/ou sob a forma de óxidos e oxihidróxidos de Fe e Al como hematita, goethita, gibbsita e outros.

Os latossolos possuem ótimas condições físicas que, aliadas ao relevo plano e suavemente ondulado, favorecem a sua utilização com as mais diversas culturas adaptadas à região. A principal limitação é a baixa fertilidade, ou seja, solos com baixa saturação de bases, o que acaba requerendo sempre uma correção de acidez e a aplicação de fertilizantes.

Em relação à erosividade, os latossolos de textura média com teores elevados de areia, são muito suscetíveis, requerendo tratos conservacionistas e manejo cuidadoso, com os latossolos argilosos, o cuidado com a erosão não é menos importante. A estrutura forte, muito pequena e granular leva os latossolos argilosos a apresentar comportamento semelhante aos solos arenosos. Além disso, nos latossolos de textura argilosa a muito argilosa, quando intensamente mecanizados, a estrutura é destruída, levando à redução da porosidade do solo e conseqüente formação de uma camada compactada, o que facilita a erosão, além de reduzir a produtividade, dificultando o enraizamento das plantas e a infiltração da água da chuva.

De forma geral, os latossolos apresentam baixo potencial de perda de solos, pois ocupam áreas de relevo plano a suave ondulado e apresentam certa estruturação

e drenagem muito eficiente. Entretanto, quando submetidos a desmatamento e concentração de escoamento superficial, o risco de desenvolvimento de processos erosivos, principalmente do tipo linear, é incrementado de forma significativa.



FIGURA 9– PERFIL DE LATOSSOLO

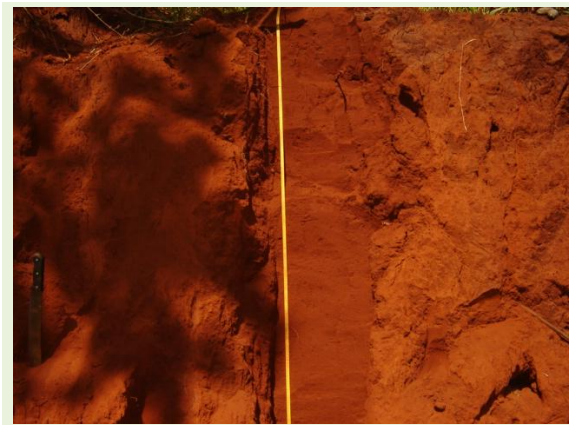


FIGURA 10– LATOSSOLO.

3.5.2. Argissolos

Compreende solos constituídos por material mineral ou argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E. São solos profundos a pouco profundos, bem a moderadamente drenados, ocorrendo, ocasionalmente, solos rasos com transição abrupta e argila de atividade alta (Ta) e, também, solos com teores variáveis de cascalho e estrutura em blocos subangulares e angulares.

São solos que formam classes bastante heterogêneas, que tem em comum aumento substancial no teor de argila com a profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte superficial, denominado de B textural.

Na área da bacia do Rio Verde, estima-se uma ocorrência de dessa classe, predominando o Argissolo Vermelho Amarelo (PVA). Em geral, são solos com grande variação em características morfológicas, físicas e químicas, com o horizonte B textural

contrastando com o A e/ou com o E, tanto em cor como em relação à textura, estrutura e consistência. A seqüência de horizontes mais comumente encontrada é A, Bt, C ou A, E, Bt, C. Sendo a diferenciação de horizontes mais acentuada neste último caso. A profundidade do solum (A+B) é variável, desde 100cm ou menos até 200cm ou mais.

No caso dos Argissolos Vermelho-Amarelos, que são os de ocorrência mais comum na área, a cor é de matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (Embrapa,1999). São solos pouco expressivos na área, sendo representados pela variedade de textura arenosa no horizonte A e média no B.

O horizonte superficial apresenta estrutura fraca em forma de grãos simples com aspecto de maciça porosa; consistência solta com solo seco e úmido, não plástico e não pegajoso. Para o horizonte B, a estrutura varia entre fraca e moderada, em blocos subangulares, enquanto que a consistência varia de macio a ligeiramente duro, muito friável a friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso a pegajoso.

As principais limitações ao uso agrícola são: o relevo movimentado, baixa fertilidade natural (solos álicos e distróficos) e, em alguns solos, a ocorrência de fase cascalhenta.



FIGURA 11– PERFIL DE ARGISSOLO



FIGURA 12– COBERTURA VEGETAL SOBRE PERFIL DE ARGISSOLO.

3.5.3. Neossolos

3.5.3.1. Neossolo Litólico

São solos rasos, poucos evoluídos com horizonte A assentado, diretamente, sobre a rocha (R) ou sobre horizonte C pouco espesso. Apresentam, normalmente, rochosidade, pedregosidade, cascalhos e concreções, relacionados, via de regra, com a natureza do material de origem. Ocorrem, predominantemente, em relevo forte ondulado e escarpado.

Na área da Bacia do rio Verde predomina o Neossolo Litólico (RL). As limitações mais comuns são: a pequena espessura do solo, a freqüente ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil, a grande suscetibilidade a erosão, mormente em áreas de relevo acidentado que são as mais comuns de sua ocorrência. Em alguns casos, há também o problema da baixa fertilidade natural, que impõe a necessidade de correções químicas.

Compreende solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso, com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram, ainda, à modificações expressivas do material originário, de características do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos.

São solos com horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou, sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentem um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Admite um horizonte B, em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

A freqüente ocorrência de pedregosidade no seu perfil, a pequena espessura do solo e a grande susceptibilidade à erosão, são as limitações mais comuns ao uso

agrícola desses solos. Há também o problema de baixa fertilidade natural, que impõe a necessidade de correções químicas. As áreas onde se encontra esse tipo de solo são mais apropriadas para preservação da flora e da fauna. A susceptibilidade à erosão é altíssima em qualquer dos casos e é determinada, basicamente, pela ocorrência do substrato rochoso à pequena profundidade. Este fato é agravado em função da ocorrência principal desse tipo de solo em locais declivosos.

Os neossolos litólicos ocorrem associados aos basaltos da Formação Serra Geral. São de textura variável, frequentemente média ou argilosa e são também muito heterogêneos quanto às propriedades químicas, sendo encontrados na área de estudo solos distróficos e eutróficos. A vegetação predominante sobre esse tipo de solo é de Floresta de Galeria, que normalmente encontram-se situada em locais com relevo suave ondulado a ondulado, sendo pouco expressivas as áreas que tem como cobertura vegetal pastagens.



FIGURA 13– PERFIL DE NEOSSOLO LITÓLICO



FIGURA 14– PERFIL DE NEOSSOLO LITÓLICO

3.5.3.2. Neossolo Quartzarênico

São solos altamente arenosos em todo o perfil, essencialmente quartzosos, excessivamente drenados, profundos e de baixa fertilidade natural. Estes solos possuem baixa capacidade de troca catiônica em consequência dos teores baixos em argila e de matéria orgânica, mineralogicamente, são dominados por quartzo, apresentando baixa reserva de nutrientes para as plantas, sendo estas as principais limitações desta classe. Possuem muito baixa porcentagem de bases trocáveis e muito baixa saturação (distróficas), podendo em alguns casos apresentar-se eutrófica.

A principal limitação ao uso agrícola dessa ordem é a sua extrema pobreza, refletida em capacidade de troca de cátions e saturação de bases muito baixas. A textura muito arenosa condiciona uma baixa retenção de umidade e de eventuais elementos nutrientes aplicados, se caracterizando como uma fortíssima limitação ao seu aproveitamento agrícola. A preservação da vegetação natural seria a mais razoável recomendação no caso destes solos, entretanto, podem ser utilizados para o cultivo de espécies adaptadas e reflorestamentos.

São particularmente susceptíveis à erosão em profundidade, em razão de sua constituição arenosa com grãos soltos, condicionando fácil desagregabilidade de seu material constituinte, o que facilita o seu desbarrancamento, principalmente no caso de barrancos de beira de estradas e de caixas de empréstimo para retirada de material para construção. A erosão superficial também é verificada, porém, perde sua eficácia em razão da grande permeabilidade dos solos, determinada principalmente pela textura arenosa.



FIGURA 15– PERFIL DE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO



FIGURA 16– PERFIL DE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

3.5.4. Gleissolos

Sob esta denominação estão compreendidos solos mal drenados ou muito mal drenados, nos quais as características zonais, determinadas pela ação do clima e vegetação, não se desenvolvem integralmente em virtude da restrição imposta pela grande influência da água no solo, condicionada sempre pelo relevo e natureza do material originário. Sob estas condições, forma-se um solo caracterizado por apresentar cores neutras nos horizontes subsuperficiais, geralmente com mosqueados proeminentes sob fundo de cromas baixas, em virtude da redução do ferro, indicativo de gleização. Apresenta ainda, em alguns casos, acúmulo superficial de matéria orgânica.

Estes são solos minerais hidromórficos, com horizonte glei abaixo do horizonte superficial (A ou H com menos de 40 cm) e cores de redução (normalmente cinzentas e azuladas) em decorrência do ferro em sua forma reduzida. São encharcados, ocorrendo em áreas baixas, com textura variável, argila de atividade baixa, saturação por bases normalmente baixa, quase sempre distróficos. As principais limitações ao uso agrícola decorrem da má drenagem, com presença de lençol freático alto, e dos

riscos de inundação que são freqüentes. Há, também, algumas limitações ao emprego de máquinas agrícolas.



FIGURA 17– PERFIL DE GLEISSOLO.



FIGURA 18– PERFIL DE GLEISSOLO.

3.5.5. Tipos de Terrenos

3.5.5.1. Afloramentos Rochosos

Ocorrem como manifestação de vários tipos de rochas, sejam elas brandas ou duras, descobertas ou com reduzidas frações de materiais detríticos grosseiros de caráter heterogêneo. A cobertura vegetal mais comum é o tipo de formações rupestres. Na maior parte das vezes, chegam a estar associados a solos desenvolvidos.

Os afloramentos rochosos não aparecem como unidade de mapeamento, mas estão associados à unidade de Neossolos Litólicos. Representam unidades onde rochas encontram-se expostas na superfície do terreno, tanto em forma descontínua (matacões e/ou “boulders”), como em forma contínua (lageado). São locais onde os vegetais superiores não encontram meios para se desenvolver e constituem apenas “tipos de terreno”. Não se prestam à utilização agrícola, levando-se em consideração os aspectos físicos, químicos e mineralógicos.

Ocorrem como manifestações de vários tipos de rochas. A cobertura vegetal predominante é a formação rupestre. Na maior parte das vezes, chegam a estar associados a solos desenvolvidos, porém, com distribuição dispersa o suficiente para constituir uma mancha independente.

Tem ocorrência limitada na área de estudo, sendo mais comuns em áreas acidentadas. São componentes subdominantes na unidade de mapeamento Neossolo Litólico.

4. METODOLOGIA

O diagnóstico apresentado nas seções anteriores possibilita uma ampla e detalhada interpretação dos vários aspectos que influenciam e condicionam o ambiente da área do Rio Verde e seu entorno. Por conseguinte, estes componentes não se encontram isolados, mas intimamente interligados e interatuantes, de modo a determinar os processos funcionais da área.

A realização de uma análise integrada objetiva agregar e relacionar questões fundamentais inerentes a este estudo. Apresenta, pois, de forma sucinta, os procedimentos metodológicos utilizados para a realização desta análise, considerando, os graus de suscetibilidade do meio físico, os quais irão embasar a determinação da fragilidade ambiental da bacia do Rio Verde, mediante o estabelecimento das aptidões e restrições do local para sua adequada utilização.

Desta forma, esta avaliação deve fundamentar a minimização de riscos ambientais e a compatibilização dos usos pretendidos, determinando-se áreas consideradas prioritárias para conservação ou preservação, assim como espaços passíveis de intervenção. Os fatores considerados foram: pedologia, geologia e o relevo da área em estudo. A metodologia empregada teve como padrão o reconhecimento de classes de fragilidade e susceptibilidade para cada tema e de aspectos antrópicos, com ponderações subjetivas.

A fragilidade se exprime como o grau de deterioração que o espaço experimenta diante de determinadas atuações. Assim, a fragilidade deve considerar os usos pretendidos e potenciais, revelando a capacidade de suporte do meio a tais intervenções e as características específicas do local (vegetação, solos, declividade, entre muitas outras).

A análise da fragilidade ambiental da Bacia do Rio Verde pretende subsidiar a definição de áreas de potenciais conflitos de uso e ocupação do solo, de aptidões para proteção do meio, levando-se em consideração a qualidade do meio ambiente.

A susceptibilidade à degradação do meio físico da área foi interpretada com base nas informações de geologia e declividades, somado aos dados de geomorfologia e pedologia, considerando-se a análise quanto à existência e presença de áreas erodidas, localização de piezômetros, e à cobertura do solo em termos da proteção proporcionada pela vegetação.

As classes de declividade são consideradas como a base dessa avaliação e definem primordialmente a variação das características físicas do terreno, de acordo com o substrato geológico e pedológico a elas relacionado.

Assim, foram identificadas unidades de relevo e solos, que definem os compartimentos geológicos. Cada compartimento geológico é individualizado de acordo com problemas esperados em termos de declividades e tipologia de solos e rochas. Para a avaliação da susceptibilidade à degradação do meio físico foi levada em consideração a avaliação da tipologia vegetal, conforme sua menor ou maior capacidade de proteção do compartimento geológico. O resultado dessa análise estabeleceu a susceptibilidade do meio físico à degradação.

4.1. MÉTODOS

Para a execução deste trabalho a metodologia observada foi a do Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio nos Índices de Dissecação do Relevo, Segundo ROSS (1994) as unidades de fragilidade dos ambientes naturais devem ser resultantes dos levantamentos básicos de geomorfologia e solos. Esses elementos tratados de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

Este modelo propõe que cada uma destas variáveis seja hierarquizada em cinco classes de acordo com sua vulnerabilidade. Assim, as variáveis mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1,0, as intermediárias ao redor de 3,0 e as mais vulneráveis estarão próximas de 5,0. Desta forma, a partir da composição das relações destas três variáveis:

- Unidade Geológica - categoria hierárquica muito alto (1) a muito baixo/nulo (5);
- Classe de Solos - classes de fragilidade muito fraca (1) a muito forte (5);
- Índices de Dissecação do Relevo – categoria hierárquica muito fraca (1) a muito forte (5);

Para a realização do cruzamento, o modelo temático da declividade foi preparado a partir das altimetrias, as quais foram baseadas em curvas de nível e ponto cotados, bem como a partir da hidrografia da área em estudo, que foi baseada na rede de drenagem e corpos d'água.

Foi elaborada a partir de uma TIN, de onde derivou-se uma GRID de declividade em percentual. Este modelo temático foi re-classificado em classes de 0-5%, 5-10%, 10-15%, 15-30%, 30-45% e >45%, estas classes receberam a seguinte codificação, respectivamente, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Como pode-se observar na figura a seguir (Figura 19).

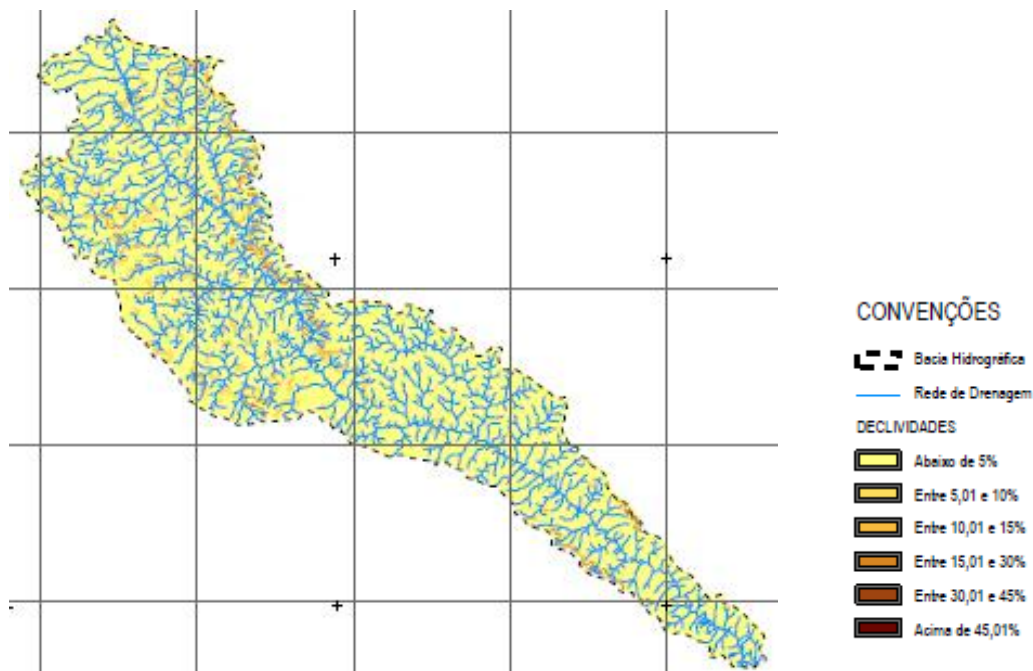


FIGURA 19– DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO VERDE
A AUTORA, 2009

Nesta figura observa-se a apresentação das áreas onde adotou-se maior peso (4 e 5) as quais estão localizadas na porção noroeste da bacia onde estão localizadas as áreas com maior dissecação de relevo. No quadro a seguir são apresentadas a hierarquização dos pesos atribuídos as classes de declividade (Quadro 1).

QUADRO 1- HIERARQUIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE POR CLASSE DE DECLIVIDADE

Classe de declividade	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Inferior a 5%	Muito Baixa	1
5 a 12%	Baixa	2
12 a 30%	Intermediária	3
30 a 47%	Alta	4
Superior a 47%	Muito Alta	5

O formato GRID foi adotado por permitir o fácil cruzamento entre os dados. A resolução espacial adotada para as grids foi de 30 metros, o que se mostrou adequado para o processamento.

O Mapa de solo foi trabalhado de acordo com as normas Brasileiras de classificação de solos proposta pela EMBRAPA (2006), considerando o primeiro nível categórico (ordem). A seguir é apresentada a figura com a exposição gráfica dos solos, da forma como se utilizou utilizado nos cruzamentos realizados para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental (Figura 20).

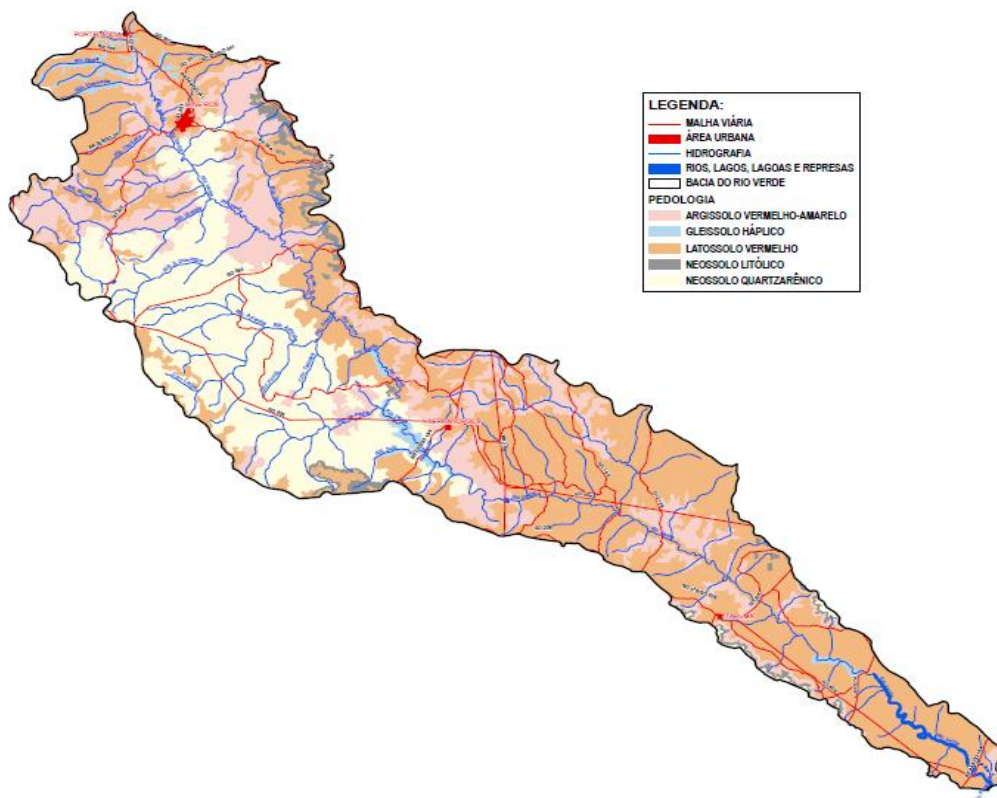


FIGURA 20– PEDOLOGIA DA BACIA DO RIO VERDE
 A AUTORA, 2009

As áreas que possuem solos com maior índice de vulnerabilidade ambiental, são as áreas localizados nas porções noroeste, sudoeste, bem como na porção central da bacia do Rio Verde, os solos encontrados nestas áreas são caracterizados como Neossolo Litólico, Neossolo Quartzarenico e Gleissolo respectivamente. Estas classes citadas possuem alto índice de vulnerabilidade e grande passividade ao desenvolvimento de processos erosivos

Para a hierarquização das unidades de solos foram adaptadas as propostas de Ross (1994), Crepani *et al.* (2001) e Silveira *et al.* (2005), que consideram os horizontes diagnósticos de subsuperfície (Tabela 2). Nessa avaliação de atribuição dos pesos foram consideradas as vulnerabilidades aos processos erosivos, movimentos de massa, colapsos e contaminação dos solos.

TABELA 2 - HIERARQUIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE POR HORIZONTES DIAGNÓSTICOS DE SUBSUPERFÍCIE.

Unidades de solo	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Neossolo litólico	Muito Alta	5
Argissolo	Intermediária	3
Cambissolos	Intermediária	3
Gleissolo	Muito Alta	5
Latossolo	Muito Baixa	1
Neossolo quartzarênico	Muito Alta	5

Na figura a seguir é mostrada a representação gráfica referente aos dados geológicos encontrados na área (Figura 21).

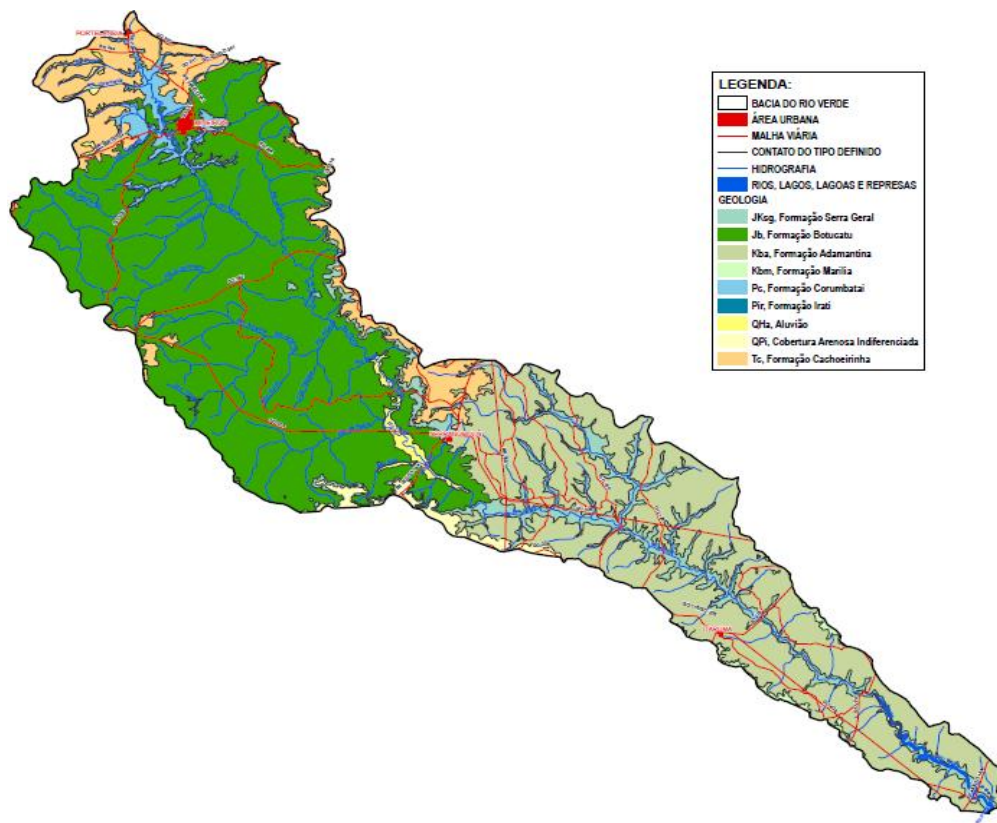


FIGURA 21— GEOLOGIA DA BACIA DO RIO VERDE
A AUTORA, 2009

A formação geologia que apresenta maior vulnerabilidade e fragilidade ambiental pode ser observada na parte central da área da bacia hidrográfica e é identificada como Aluvião, ou seja, é um tipo de formação geológica que apresenta alto índice de areia e depósitos recentes de sedimento que se formam ao longo das margens dos rios e nas desembocaduras dos cursos d'água como observa-se nas margens do Rio Verde. No quadro exposto a seguir são encontradas as unidades geológicas da bacia hidrográfica do Rio Verde, de acordo com a hierarquia de vulnerabilidade e o peso atribuído a cada uma das formações encontradas.

TABELA 3 - HIERARQUIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE POR UNIDADES GEOLÓGICAS.

Unidade geológica	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Formação Irati	Intermediária	3
Formação Corumbatai	Intermediária	3
Aluvião	Muito Alta	5

Unidade geológica	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Formação Botucatu	Alta	4
Formação Serra Geral	Muito Baixa	1
Formação Cachoeirinha	Baixa	2
Formação Adamantina	Alta	4
Cobertura Arenosa Indiferenciada	Muito Alta	5
Formação Marília	Alta	4

Segundo os procedimentos técnico operacionais deste modelo a variável índice de dissecação do relevo (1º dígito) é que vai determinar o grau de fragilidade de cada área analisada. As demais variáveis irão definir uma hierarquização através de seus coeficientes de fragilidade. Na tabela apresentada a seguir são prestados o código, o número de elementos e a área em m² de cada uma das classes de declividades encontradas (Tabela 4).

TABELA 4 - TABELA DA DECLIVIDADE

CLASSE	CÓDIGO	ELEMENTOS	ÁREA (M ²)
0-5%	1	12163625	10.947.262.500
5-10%	2	858767	772.890.300
10-15%	3	175863	158.276.700
15-30%	4	136219	122.597.100
30-45%	5	15623	14.060.700
>45%	6	39	35.100

A geologia foi convertida para GRID para a representação em pixels, e codificada de acordo com a tabela abaixo:

TABELA 5 - TABELA DA GEOLOGIA

UNIDADE	CÓDIGO	ELEMENTOS	ÁREA (M ²)
Formação Irati	70	301	270.900
Formação Corumbatai	60	324108	291.697.200
Aluvião	10	184003	165.602.700
Formação Botucatu	40	6459464	5.813.517.600
Formação Serra Geral	90	961162	865.045.800

UNIDADE	CÓDIGO	ELEMENTOS	ÁREA (M ²)
Formação Cachoeirinha	50	1152478	1.037.230.200
Formação Adamantina	30	4044732	3.640.258.800
Cobertura Arenosa Indiferenciada	20	157597	141.837.300
Formação Marília	80	66279	59.651.100
Polígono de Rios, Represas e Lagoas	0	12	10.800

Foi realizado o mesmo procedimento para os solos, ou seja, convertido em GRID (espaço geográfico representado por pixels) de acordo com a tabela abaixo:

TABELA 6 - TABELA DA PEDOLOGIA

CLASSE	CÓDIGO	ELEMENTOS	ÁREA (M ²)
Latossolo Vermelho Distrófico/Eutrófico	400	3687616	3.318.854.400
Gleissolo Háptico	200	209364	188.427.600
Argissolo Vermelho-Amarelo	100	2801929	2.521.736.100
Neossolo Litólico	500	273102	245.791.800
Neossolo Quartzarênico	600	3455329	3.109.796.100
Latossolo Vermelho	300	2894697	2.605.227.300
Sem Classe	0	246	221.400

Os elementos identificados como sem classe não possuíam atributos na tabela, a eles não foi atribuído nenhum código e resultaram na combinação 1 e 91, conforme o quadro se encontra em anexo a este trabalho (ANEXO 01)

Conforme estabelece a metodologia utilizada (ROSS, 1994) foi realizada a soma de todos os elementos, o resultado corresponde ao código de combinação para cada pixel do terreno.

Foi então estabelecida uma classificação da fragilidade através da composição entre estes três planos de informação composta pelas categorias e Algarismos acima mencionados. O primeiro relacionado ao relevo, o segundo ao solo, o terceiro à cobertura vegetal/uso da terra e o quarto à pluviosidade.

Com a realização da soma desses Algarismos (ex: 213, 345, 423, 555), foi possível observar ao código de combinação para cada pixel do terreno como por

exemplo Em uma determinada área o código resultante é 642, isso significa que nessa área temos Neossolo Quartzarênico associado à formação Botucatu, em declividades entre 5-10%. Esse é um exemplo de combinação possível, na área em estudo, essa combinação ocorreu em 350338 elementos (315.304.200m²), conforme o quadro se encontra em anexo a este trabalho (ANEXO 01).

No quadro apresentado a seguir foram listadas as hierarquias encontradas de acordo com o modelo apresentado por ROSS (1994), com o peso relacionado a cada uma das hierarquias, bem como a cor escolhida e utilizada para a identificação de cada uma das hierarquias na representação gráfica do modelo em estudo.

TABELA 7 -HIERARQUIAS

Hierarquia	Peso	Cor
Muito Baixa	1	
Baixa	2	
Intermediária	3	
Alta	4	
Muito Alta	5	

Através da análise empírica proposta por ROSS (1994), foi possível estabelecer quais áreas podem ser consideradas como mais críticas do ponto de vista da fragilidade potencial natural para a área de estudo. Foram obtidos como resultados para a área de estudo cinco graus diferenciados de fragilidade (muito fraca, fraca, média, forte e muito forte), havendo um predomínio da classe muito baixa. Em seguida, estas classes encontradas no cruzamento foram agrupadas conforme é apresentado na matriz de cruzamentos que se encontra em anexo a este trabalho (ANEXO 02). Esta matriz de cruzamento foi utilizada para dar origem a produção do mapa de fragilidade ambiental do Rio Verde.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura a seguir (Figura 22) apresenta o mapa de fragilidade ambiental seguindo os procedimentos metodológicos propostos por ROSS (*op cit*) com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo.

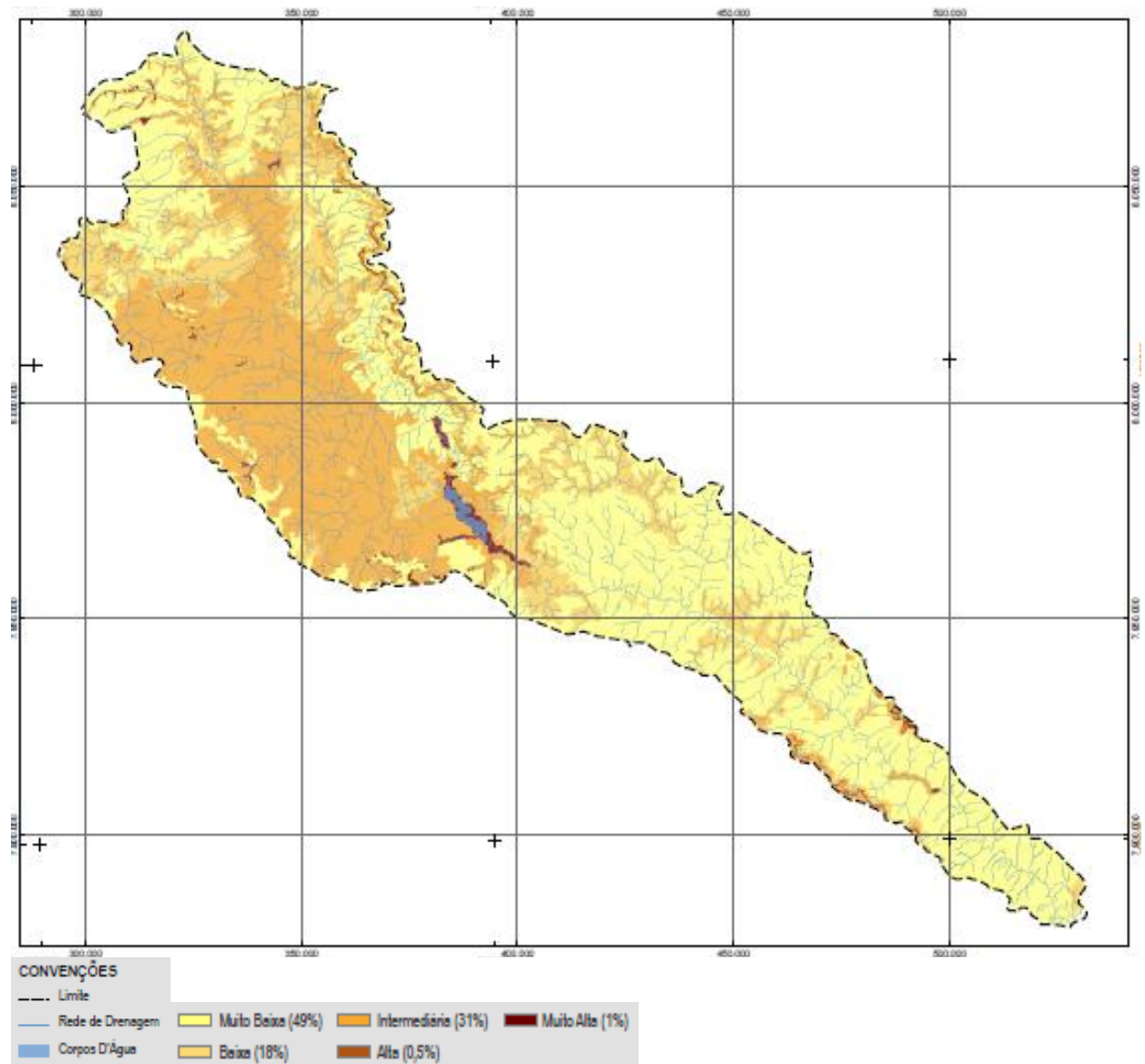


FIGURA 22– FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO VERDE
A AUTORA, 2009

As principais restrições à ocupação do solo da bacia do Rio Verde foram levantadas no diagnóstico no que respeita a suscetibilidade à degradação do meio físico, ou seja, a fragilidade ambiental frente à intervenção antrópica. A cobertura

florestal da região encontra-se em grande parte devastada devido à expansão das atividades agropecuárias em toda a região, transformando as florestas em áreas de cultivo e pastagem.

As restrições foram classificadas em Muito Alta, Alta, Média, Muito Baixa e Baixa, cujo cruzamento de classes está espacializado no mapa apresentado na figura acima (Figura 22) e no Anexo 03:

Estas restrições constituem de:

Muito Alta fragilidade ou restrição ao uso – corresponde às áreas definidas como de muito alta suscetibilidade física, em função de suas características físicas, necessitam de conservação e uso restrito e monitorado, como, por exemplo, os locais com declividades acima de 30%.

Alta fragilidade ou restrição ao uso: áreas identificadas nas unidades geológicas como Formação Adamantina e Formação Serra Geral, onde não ocorre a proteção do solo pela vegetação natural, devido à utilização em atividades agropastoris e/ou com solos considerados de alta fragilidade, principalmente devido as declividades dos terrenos acima de 30%.

Intermediária fragilidade ou restrição ao uso – compreende as áreas definidas como de média suscetibilidade física ou média fragilidade biológica, cujo uso deve ocorrer mediante certos cuidados.

Baixa fragilidade ou restrição ao uso: áreas identificadas nas unidades geológicas como Formação Cachoeirinha e Formação Serra Geral quando houve intercessão, utilizadas para plantios agrícolas e pastos, com proteção do solo pouco efetiva das comunidades vegetais naturais e/ou com solos considerados frágeis devido as declividades entre 10 e 30%.

Muito Baixa fragilidade ou restrição ao uso – engloba as áreas definidas como de baixa suscetibilidade física e baixa fragilidade biológica, compreendendo

grande parte do da área da bacia hidrográfica, em função das baixas declividades (0 a 10%).

No quadro apresentado a seguir se encontram os graus de fragilidade ambiental da bacia do Rio Verde e a porcentagem de ocorrência dos mesmos, na área em estudo (Quadro 2).

QUADRO 2 – MATRIZ DE RESTRIÇÃO AO USO

Fragilidade Ambiental	FRAGILIDADE
	%
Muito Alta suscetibilidade ou restrição ao uso	0,1
Alta suscetibilidade ou restrição ao uso	0,5
Intermediária suscetibilidade Alta suscetibilidade ou restrição ao uso	31,00
Baixa suscetibilidade Alta suscetibilidade ou restrição ao uso	18,00
Muito Baixa suscetibilidade Alta suscetibilidade ou restrição ao uso	49,00

Com a realização dos cruzamentos para a geração do mapa de Fragilidade Ambiental, entende-se que a maior porção de área da Bacia do Rio Verde foi avaliada como área com Baixa fragilidade e baixa restrição de uso. Este grau de fragilidade muito baixa pode ser observado no mapa em toda área a sudeste da bacia hidrográfica, bem como na porção noroeste quase no limite superior da bacia, ou seja este grau de fragilidade ambiental esta distribuído por quase toda a extensão da bacia hidrográfica em estudo.

Enquanto que a menor porção encontrada foi avaliada como Muito Alta suscetibilidade e Muito Alta restrição de uso estas áreas localizam se na porção noroeste, bem como na porção central da bacia hidrográfica em estudo. Com isto entende-se que este estudo demonstra que apenas uma pequena área da bacia do Rio Verde pode ser considerada como área prioritária para conservação, necessitando de monitoramento constante, para evitar maiores danos e degradações ao meio ambiente.

6. CONCLUSÃO

A análise da fragilidade ambiental representa um importante instrumento do planejamento ambiental, pois identifica áreas prioritárias para um manejo conservacionista dentro da perspectiva de reduzir problemas erosivos

O objetivo deste estudo trata-se da caracterização dos solos, da geologia e dos aspectos referentes ao relevo da região sudoeste do estado de Goiás, onde se insere a Bacia do Rio Verde, área a qual foi a escolhida para a realização deste estudo, bem como os mesmos apresentam as suas potencialidades, incluindo a definição da fragilidade ambiental, caracterizadas morfológicas e analiticamente e a distribuição espacial nas áreas em estudo. Foram elaborados os cruzamentos dos mapas de solos, geológicos e de relevo para identificação gráfica do estudo, com o resultado a geração do mapa da Fragilidade Ambiental.

Com a utilização do mapa de Fragilidade Ambiental, pode-se inferir sobre as áreas que necessitem maior atenção quanto às possibilidades de degradação relativamente às características geomorfológicas do local. As áreas de alta susceptibilidade a degradação são consideradas prioritárias para a preservação ou devem ser subordinadas a diretrizes específicas para ocupação, a exemplo de áreas com altas declividades. Portanto deve-se restringir ao máximo ou até mesmo impedir a sua utilização direta. As áreas de média e baixa susceptibilidade à degradação podem ser indicativas para a definição de áreas de conservação ambiental. Já áreas que são consideradas de menor susceptibilidade à degradação, podem servir como orientação para o estabelecimento de áreas passíveis de utilização.

O processo de zoneamento ambiental a partir da fragilidade do meio ambiente natural permite organizar e avaliar a ocupação humana, bem como a intensidade de exploração. De qualquer forma os resultados encontrados são perfeitamente válidos como uma análise preliminar. Trabalhos de campo e informações em escalas maiores são necessárias para as fases de projeto e intervenção.

Pontuado assim este estudo, cujo se considera atendido em seus principais objetivos, os quais eram a identificação da área e das potencialidades, incluindo a definição e a espacialização da fragilidade ambiental na Bacia do rio Verde, no estado de Goiás.

REFERÊNCIAS

- AGMA - Agência Goiana do Meio Ambiente. Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas para Avaliação Ambiental de Empreendimentos Hidrelétricos no Sudoeste Goiano - EIBH, 2005. Goiânia - Goiás.
- BONHAM-CARTER, G.F. Geographic Information Systems for geoscientists: Modelling with GIS. Ottawa: Pergamon, 1994. 398p
- BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S.da. Bacia Hidrográfica e qualidade ambiental. In VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira. Reflexões sobre a Geofísica no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.p.153-188.
- CONSILIU – PACUERA – Plano de Ocupação de Área de Entorno de Reservatório Artificial – Em análise.
- CTE – Centro Tecnológico de Engenharia. Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Salto - EIA. 2002.
- CTE – Centro Tecnológico de Engenharia. Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Salto do Rio Verdinho - EIA. 2002.
- FALCÃO, A. O.; PRÓSPERO, M. S.; BORGES, J. G. A REAL-time visualization tool for forest ecosystem managementdecision support. Computers and Electronics in Agriculture, v. 53, p. 3–12, 2006.
- FIGUEREDO, G. C.; BRAGA, A.L.; ELOI, F.H.; CARVALHO, A.S.; CALIJURI, M.L.: **Caracterização da Fragilidade Ambiental Utilizando Sistemas de Informações Geográficas.** 2006.Anais COBRAC 2006 – Congresso Brasileiro de Cadastro Multifinalitário. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.2006.
- FLORIANI, N. **Avaliação da fragilidade geossistêmica de uma microbacia sobre geologia cárstica: potencial e limitações.** 2003. 147 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciências do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- KAWAKUBO, F. S.: **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.**Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2203-2210.
- KAWAKUBO, F. S.; Morato, R. G.; Campos, K. C.; Luchiari, A.; Ross, J. L. S. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR),12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2203-2210. CD-ROM, On-line.ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep-ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.44>>. Acesso em: 06 maio 2006.
- MAXIMINIANO, G. A. Bacia do Rio Pato Branco: ensaio cartográfico para análise da fragilidade do meio físico com uso de geoprocessamento. São Paulo: USP, 1996. Dissertação Mestrado
- OLIVEIRA, P.C.A.; RODRIGUES, G. S. S. C.; RODRIGUES, S. C. Fragilidade ambiental e uso do solo da bacia Hidrografica do Córrego da Pindaíba, Uberlandia, MG, Brasil. Ambi-Agua, Taubaté, v.3, n.1, p.54-67, 2008.
- PIRES NETO, A. Planejamento territorial a abordagem geológico-geotécnica e o conceito de terreno ou abordagem de paisagem. Geografia , 08:51-62. 1995.

ROSA, M. R, ROSS, J. Aplicação de SIG na Geração de Cartas de Fragilidade, Revista do Departamento de Geografia. Sao Paulo, n.13, 1999.

ROSS, J. L. S.: **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia. n.8, p.63-74. 1994.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão de taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n 8. 1992.

SANTOS, R. F. dos. Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de textos, 2004. 184p.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa a fragilidade ambiental com a aplicação de três modelos. Revista GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 15, p39-49, 2004.

SPÖRL, C. Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata. 2001. 159 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

VALENTE, A.L.S. Integração de dados por meio de Geoprocessamento para a elaboração de mapas Geotécnicos, Análise do Meio Físico e suas interações com a Mancha Urbana: O Caso de Porto Alegre (RS). 1999. 373p. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1999.

ANEXOS

ANEXO 01 – CÓDIGO DE COMBINAÇÃO PARA CADA PIXEL DO TERRENO.....	66
ANEXO 02 – MATRIZ DE CRUZAMENTOS	70
ANEXO 03 – Mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia do Rio Verde.....	71

ANEXO 01 – CÓDIGO DE COMBINAÇÃO PARA CADA PIXEL DO TERRENO

TABELA 8 – CÓDIGO DE COMBINAÇÕES

CODIGO	ELEMENTOS
1	5
91	241
111	1807
121	10491
122	48
123	45
131	643440
132	21026
133	7573
134	7696
135	788
136	1
141	1293627
142	178914
143	32042
144	20203
145	1273
146	2
151	67813
152	4073
153	302
154	480
155	31
161	166963
162	21645
163	6063
164	2656
165	59
166	1
181	4711
182	200
183	419
184	601
185	189
191	272577
192	11571
193	10605
194	11313
195	681
211	91023
231	1491
241	17738
251	66093
252	744
261	11654
262	94

MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA COM USO DE GEOPROCESSAMENTO:
Bacia do Rio Verde no sudoeste do estado de Goiás

CODIGO	ELEMENTOS
291	20527
311	2729
321	13967
322	45
331	2654462
332	14226
333	1190
334	104
341	19262
342	849
343	3444
344	424
351	138
381	1251
391	181259
392	1347
401	7
411	62823
414	49
415	1
421	112518
422	8863
423	900
424	280
431	642564
432	13496
433	677
434	23
441	1220007
442	149887
443	30100
444	22024
445	2072
451	917008
452	20784
453	3070
454	1758
455	21
461	55793
462	7028
463	158
464	17
471	39
472	159
491	380731
492	15531
493	6270
494	10943
495	2015
511	797
514	105

MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA COM USO DE GEOPROCESSAMENTO:
Bacia do Rio Verde no sudoeste do estado de Goiás

CODIGO	ELEMENTOS
515	38
521	6186
522	2597
523	257
524	49
531	16203
532	3002
533	3648
534	10292
535	1351
541	89647
542	22236
543	14909
544	18636
545	2602
551	11693
552	1881
553	1119
554	1057
555	14
581	15739
582	1630
583	3968
584	11144
585	2010
586	35
591	21274
592	1313
593	3123
594	4220
595	327
611	24586
612	45
621	1343
622	8
631	1274
632	18
633	44
634	46
635	4
641	2912190
642	350338
643	42317
644	8325
645	1146
651	30801
652	1524
661	51283
662	659
664	1
681	14560

MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA COM USO DE GEOPROCESSAMENTO:
Bacia do Rio Verde no sudoeste do estado de Goiás

CODIGO	ELEMENTOS
682	1436
683	3618
684	3767
685	1001
691	4906
692	89

MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA COM USO DE GEOPROCESSAMENTO:
Bacia do Rio Verde no sudoeste do estado de Goiás

ANEXO 02 – MATRIZ DE CRUZAMENTOS

	LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO/EUTRÓFICO						GLEISSOLO HÁPLICO						ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO						NEOSSOLO LITÓLICO						NEOSSOLO QUARTZARÊNICO						LATOSSOLO VERMELHO						SEM CLASSE					
Formacao Irati	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						
Formacao Corumbatai	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						
Aluviao	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						
Formacao Botucatu	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						
Formacao Serra Geral	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						
Formacao Cachoeirinha	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						
Formacao Adamantina	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						
Cobertura Arenosa Indiferenciada	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						
Formacao Marilia	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						
Poligono de Rios, Represas e Lagoas	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	30-45%	>45%						

Hierarquia
Muito Baixa
Baixa
Intermediária
Alta
Muito Alta



ANEXO 03 – MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO VERDE

